



Universidade de Aveiro
2015

Departamento de Geociências



Universidade do Porto
2015

Faculdade de Ciências – Departamento de
Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

**João Miguel de
Carvalho Dias**

**Estudo Geológico da Área de Poço do Canto – Concessão
de Armamar-Mêda**



Universidade de Aveiro
2015

Departamento de Geociências



Universidade do Porto
2015

Faculdade de Ciências – Departamento de
Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

**João Miguel de
Carvalho Dias**

Estudo Geológico da Área de Poço do Canto – Concessão de Armamar-Mêda

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro e Universidade do Porto para o cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Geomateriais e Recursos Geológicos, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor José Francisco Horta Pacheco dos Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

Estágio e apoio financeiro concedido
pela empresa:

COLT RESOURCES

Apoio financeiro por parte dos
projetos financiados pela FCT:
- Projeto Petrochron – PTDC/CTEGIX/
112561/2009
- Projeto estratégico Geobiotec –
PEst-C/CTE/UI4035/2011

O Júri	
Presidente	Professor Doutor Fernando Ernesto Rocha Almeida Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro
	Professora Doutora Maria dos Anjos Marques Ribeiro
	Professora Associada da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
	Dr. João Carlos Gaspar de Sousa
	Geólogo e Vice-presidente responsável de operações da Colt Resources
	Professor Doutor José Francisco Horta Pacheco dos Santos
	Professor Auxiliar do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

agradecimentos

É com enorme prazer que dedico estes agradecimentos a todos aqueles que, de uma maneira direta ou indireta me ajudaram durante este percurso académico.

Quero deixar um obrigado muito especial ao meu orientador científico, o Professor Doutor José Francisco dos Santos, por todo o tempo disponibilizado, por todos os conselhos e afirmar que, sem ele, não conseguiria realizar esta dissertação.

À empresa Colt Resources, especialmente na pessoa do Dr. João Carlos Garpar de Sousa, o meu muito obrigado pela oportunidade de frequentar este estágio, no qual adquiri conhecimentos e vivências, que me moldaram profissionalmente e pessoalmente.

Aos engenheiros Nuno Castanho e Gabriel Sérgio e ao geólogo Jósé Borrego, muito obrigado por tudo. Foi um prazer partilhar todas as conversas, ensinamentos e amizade que me deram.

Quero agradecer também aos ajudantes de geólogo, Fernando Galvão, André Pereira e Rafael Oliveira por toda a ajuda que me deram e por todos bons momentos que passamos.

Ao meu colega de estágio, Tiago Cerejo, o meu muito obrigado por toda a ajuda e conselhos.

A todos os professores e funcionários da Universidade de Aveiro que contribuíram para a minha formação académica e pessoal.

A todos os meu amigos de curso e de academia, o meu muito obrigado por todas as experiencias que passamos juntos.

A todos os meus amigos, o meu muito obrigado, por todos os conselhos dados.

Aos meus pais, irmã e família, o meu muito obrigado, por todos os sacrificios, sem vós, nunca conseguiria completar esta fase da minha vida.

A minha namorada e companheira de sempre, Eva Gomes, obrigado por tudo. Sem ti isto não seria possível. Come what may too.

O meu mais sincero agradecimento a todos os que se cruzaram comigo e me ajudaram.

palavras-chave

Tungsténio, *Skarns*, Formação de Rio Pinhão, Grupo do Douro, Complexo Xisto-Grauváquico, Zona Centro-Ibérica

resumo

Os principais objetivos deste trabalho, enquadrado num estágio na empresa Colt Resources, foram: elaboração de cartografia geológica de detalhe de uma pequena área na zona de Poço do Canto, localizada na concessão de Armamar-Mêda; estudo petrográfico de amostras colhidas nessa área; caracterização da variação dos teores de alguns elementos relevantes em amostras de solos.

O levantamento que agora se apresenta permitiu delimitar, de modo mais rigoroso do que nas cartas geológicas de menor escala até aqui disponíveis, os afloramentos de *skarns* na área estudada. O estudo petrográfico confirmou, com base nas características observadas nos metapelitos, que esta área sofreu metamorfismo regional na zona da estauroлите-andaluzite(-granada) e que a anisotropia tectónica mais penetrativa é uma xistosidade de crenulação, provavelmente relacionada com a D3 varisca. Os *skarns* têm composições em que habitualmente são abundantes minerais como clinozoisite, esfena, quartzo, plagioclase, anfíbola (quer tremolite-actinolite, quer hornblenda) e clinopiroxena cálcica. Mais esporadicamente, são também observadas, volastonite, escapolite e scheelite.

Os dados da geoquímica de solos revelam fortes correlações entre os teores de Ca, Sr e W, e entre estes e a posição dos corpos de *skarns*. O Mg tem variações irrelevantes, não se correlacionando com os elementos anteriores. O As tem os seus máximos de concentração em locais de afloramento de *skarn*, mas parece também ser influenciado por outros fatores.

Apesar de haver variação significativa dos teores de W, eles são sempre baixos, pelo que a mineralização nos corpos superficiais de *skarns* na área de Poço do Canto se revela muito mais fraca do que a registada em São Pedro das Águias (Tabuaço).

keywords

Tungsten, *Skarns*, Rio Pinhão Formation, Douro Group, Slate-Metagreywacke Complex, Central Iberian Zone

abstract

This work results from an internship in the company Colt Resources and its main objectives were: elaboration of a detailed geologic map of a small area at Poço do Canto, within the Armamar-Mêda tungsten mining prospecting concession; petrographic study of samples collected in that area; characterization of the variation of the concentrations of some relevant elements in soil samples.

The detailed mapping of the referred area allowed a more accurate graphical representation of the *skarn* bodies compared to previous, smaller scale, maps covering this zone. The petrographic observation of metapelites confirmed that the study area was affected by regional metamorphism under condition of the staurolite-andalusite(-garnet) zone and that the most penetrative tectonic anisotropy is a crenulation schistosity, probably related to Variscan D3. *Skarns* commonly have significant amounts of clinozoisite, titanite, quartz, plagioclase, amphibole (either tremolite-actinolite or hornblende) and calcic clinopyroxene. Sporadically, wollastonite, scapolite and scheelite are also observed.

Soil geochemical data show that there are strong correlations between the contents of Ca, Sr and W, with each other, and between those values and the location of the *skarn* bodies. Magnesium has meaningless variation, showing no correlation with the previous elements. Arsenic has its highest concentrations over *skarn* outcrops, but it also seems to be influenced by other factors.

Despite there is relevant variation of the W contents, their values are always low. Therefore, tungsten mineralization in the outcropping and shallow level *skarn* bodies at Poço do Canto area is much weaker than mineralization featured by *skarns* at São Pedro das Águias (Tabuaço).

Índice

Introdução	1
Objetivos	1
1 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	2
1.1 Situação Geográfica	2
1.2 A Zona Centro Ibérica dentro da Cadeia Varisca	3
1.2.1 Aspetos gerais da Cadeia Varisca	3
1.2.2 Caraterísticas principais da Zona Centro Ibérica	6
1.2.2.1 Estratigrafia	8
1.2.2.1.1 Soco Cadomiano	8
1.2.2.1.2 Super Grupo Dúrico-Beirão	8
1.2.2.1.3 Ordovícico	12
1.2.2.1.4 Silúrico	12
1.2.2.1.5 Devónico	13
1.2.2.1.6 Carbonífero	14
1.2.2.2 Estrutura	15
1.2.2.3 Metamorfismo	17
1.2.2.4 Magmatismo	18
1.2.2.4.1 Magmatismo pré-varisco	18
1.2.2.4.2 Magmatismo varisco	18
2 TUNGSTÉNIO-ASPETOS METALOGENÉTICOS E APLICAÇÕES	20
2.1 Enquadramento metalogenético	20
2.2 <i>Skarn</i>	23
2.2.1 Génese de <i>skarns</i>	23
2.2.1.1 Metamorfismo de contacto prógrado e isoquímico	24
2.2.1.2 Metamorfismo em condições prógradas	24
2.2.1.3 Metamorfismo de fluidos meteóricos e precipitação dos metais, em condições retrógradas	25
2.2.2 Diferentes tipos de <i>skarns</i>	26
2.3 Tungsténio: caraterísticas e aplicações	28
2.3.1 História	28

2.3.2 Caraterísticas	29
2.3.2.1 Propriedades do tungsténio	29
2.3.2.2 Propriedades químicas	29
2.3.2.3 Isótopos	29
2.3.2.4 Ação biológica	30
2.3.3 Aplicações	30
2.3.3.1 Materiais duros	30
2.3.3.2 Ligas	31
2.3.3.3 Armamento	31
2.3.3.4 Aplicações químicas	31
2.3.3.5 Eletrónica	31
2.3.3.6 Outros usos	32
2.3.4 Ocorrência e produção	32
 3 Cartografia e Petrografia da Área de Poço do Canto	 33
3.1 Trabalhos precursores	33
3.2 Cartografia dos corpos de <i>skarns</i> na área de Poço do Canto	35
3.3 Petrografia	37
3.3.1 Estudo de amostras de <i>skarns</i>	37
3.3.2 Estudo de amostras de metapelitos	51
 4 DADOS DE GEOQUIMICA DE SUPERFICIE DA ÁREA DE POÇO DO CANTO	 58
4.1 Colheita das amostras	58
4.2 Métodos laboratoriais usados	59
4.3 Resultados geoquímicos	61
4.3.1 Resultados da linha de amostragem 1	63
4.3.2 Resultados da linha de amostragem 2	65
4.3.3 Resultados da linha de amostragem 3	67
4.3.4 Resultados da linha de amostragem 4	69
4.3.5 Resultados da linha de amostragem 5	71
4.3.6 Resultados da linha de amostragem 6	73
4.3.7 Resultados da linha de amostragem 7	75

4.3.8 Resultados da linha de amostragem 8	77
4.4 Conclusões	79
5 TRABALHOS NA ÁREA DE SÃO PEDRO DAS ÁGUIAS	81
5.1 O depósito de São Pedro das Águias e seu enquadramento geológico	81
5.2 Trabalhos realizados durante o estágio	85
5.2.1 Descrição de sondagens diamantadas	86
5.2.1.1 Descrição da componente geotécnica	86
5.2.1.1.1 Parâmetros avaliados na descrição geotécnica	86
5.2.1.2 Descrição da componente geológica	88
5.2.1.2.1 Parâmetros analisados na componente geológica – Litologia	88
5.2.1.2.2 Parâmetros analisados na componente geológica – Estrutura	91
5.2.1.2.3 Parâmetros analisados na componente geológica – Mineralização	91
5.2.1.2.4 Parâmetros analisados na componente geológica – Alteração	92
5.2.1.3 Descrição das densidades da sondagem	93
5.2.1.4 Amostragem da sondagem	94
5.2.2 Apresentação dos dados reais de uma sondagem	94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
7 BIBLIOGRAFIA	114
8 ANEXOS	123

Índice de Figuras

Figura 1	Mapa de concelhos de Portugal	2
Figura 2	Mapa do concelho de Mêda	2
Figura 3	Esquema geral da Cadeia Varisca Europeia	4
Figura 4	Diferentes zonas geomorfológicas e Zona Centro Ibérica descrita	6
Figura 5	Coluna estratigráfica simplificada do Grupo do Douro	11
Figura 6	Evolução estrutural da Zona Centro Ibérica durante o ciclo Varisco	16
Figura 7	Distribuição das faixas metamórficas no noroeste do Maciço Ibérico	17
Figura 8	Distribuição dos granitoides sin-D3 e tardi-pós-D3 na Zona Centro Ibérica	19
Figura 9	Ocorrências de W e Sn no Norte de Portugal	22
Figura 10	Evolução esquemática dos processos metassomáticos	26
Figura 11	Mapa de pormenor dos corpos de <i>skarns</i> da área de Poço de Canto	36
Figura 12	Foto da talisca da lâmina SK1	38
Figura 13 e 14	Grão idioblástico e subidioblástico de clinozoisite no interior de quartzo. À esquerda, nicois paralelos (NP); à direita, nicois cruzados (NC)	38
Figura 15	Foto da talisca da lâmina SK2-B	39
Figura 16 e 17	Aspeto geral da amostra SK2, vendo-se grãos de clinozoisite definindo a anisotropia tectónica. À esquerda, NP; à direita NC	39
Figura 18	Foto da talisca da lâmina SK4-A	40
Figura 19 e 20	Cristais de anfíbola da série tremolite- actinolite. À esquerda, NP; à direita NC	40
Figura 21 e 22	Clinozoisite, clinopiroxena e quartzo. À esquerda, NP; à direita NC	40
Figura 23	Foto da talisca da lâmina SK4-B	41
Figura 24 e 25	Plagioclase intensamente sericitizada. À esquerda, NP; à direita NC	41

Figura 26 e 27	Cristal de microclina ao centro. À esquerda, NP; à direita NC	41
Figura 28	Foto da talisca da lâmina SK6-A	42
Figura 29 e 30	Charneira de dobra, preservada como arco poligonal definido por anfíbola (tremolite-actinolite). À esquerda, NP; à direita NC	43
Figura 31	Foto da talisca da lâmina SK6-B	43
Figura 32 e 33	Charneira de dobra, preservada como arco poligonal definido por anfíbola (tremolite-actinolite). À esquerda, NP; à direita NC	43
Figura 34	Foto da talisca da lâmina SK7	44
Figura 35 e 36	Foto da talisca da lâmina SK7 à luz ultravioleta- a e b, respectivamente	45
Figura 37 e 38	Grão de scheelite, rodeado por matriz com grande abundância de clinozoisite, plagioclase sericitizada, esfena e quartzo. À esquerda, NP; à direita NC	45
Figura 39 e 40	Agregados fasciculares de tremolite-actinolite, acompanhada de esfena e com intensa oxidação. À esquerda, NP; à direita NC	45
Figura 41	Dobra visível na lâmina CS2 a olho nu	46
Figura 42 e 43	Alternância de níveis ricos em esfena (mais escuros) com níveis pobres nesse mineral. À esquerda NP; à direita NC	46
Figura 44	Foto da talisca da lâmina CS3	47
Figura 45 e 46	Zona com anfíbola da série tremolite- actinolite constituindo feixes. À esquerda, NP; à direita NC	47
Figura 47	Foto da talisca da lâmina CS5	48
Figura 48	Foto da talisca da lâmina CS5-Y	48
Figura 49 e 50	Aspeto de nível pelito-psamítico. À esquerda NP; à direita NC	49
Figura 51	Foto da talisca da lâmina CS5-X	49
Figura 52 e 53	Aspeto de zona com abundância de clinozoisite e esfena. À esquerda NP; à direita NC	49
Figura 54	Foto da talisca da lâmina CS7	50
Figura 55 e 56	Segundo a diagonal, vê-se uma zona muito rica de clinozoisete e esfena. No resto do campo de visão, predominam quartzo e plagioclase. À esquerda NP; à direita NC	50
Figura 57	Foto da talisca da lâmina MP1	51
Figura 58 e 59	Aspeto da textura granolepidoblástica. À esquerda, NP; à direita NC	51
Figura 60	Foto da talisca da lâmina MP2	52

Figura 61 e 62	Porfiroblasto de granada sobressaindo de matriz granolepidoblástica, com predomínio de quartzo, moscovite , biotite e opacos. À esquerda, NP; à direita NC	52
Figura 63	Foto da talisca da lâmina MP3	53
Figura 64 e 65	S2 visível na lâmina. À esquerda, NP; à direita NC	53
Figura 66	Foto da talisca da lâmina CS6-A	54
Figura 67 e 68	À esquerda: granada de tendência poicilítica, associada a quartzo, plagioclase, andaluzite, biotite, clorite e esfena. À direita: andaluzite (com alguma alteração), texturalmente intersticial em relação a grãos de quartzo. Ambas as fotografias foram obtidas com nicois paralelos	54
Figura 69	Foto da talisca da lâmina MP4	55
Figura 70 e 71	Arcos poligais, definidos por blastos de moscovite, mimetizando charneiras de microdobras, testemunhando que a anisotropia mais penetrativa é de crenulação. À esquerda, NP; à direita NC	55
Figura 72	Foto da talisca da lâmina MP6	56
Figura 73 e 74	Xistosidade definida pelas micas. À esquerda, NP; à direita NC	56
Figura 75	Mapa dos pontos de amostragem dos solos	58
Figura 76	Variação das concentrações de Au.obtidas pelo pacote analítico Au-AA41 em função dos pontos de amostragem	60
Figura 77	Mapa ilustrativo do processo de apresentação dos resultados geoquímicos	62
Figura 78	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 1	63
Figura 79	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 1	63
Figura 80	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 1	63
Figura 81	Gráfico da concentração do elemento Sr –Linha 1	63
Figura 82	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 1	63
Figura 83	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 2	65
Figura 84	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 2	65
Figura 85	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 2	65
Figura 86	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 2	65
Figura 87	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 2	65
Figura 88	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 3	67

Figura 89	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 3	67
Figura 90	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 3	67
Figura 91	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 3	67
Figura 92	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 3	67
Figura 93	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 4	69
Figura 94	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 4	69
Figura 95	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 4	69
Figura 96	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 4	69
Figura 97	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 4	69
Figura 98	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 5	71
Figura 99	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 5	71
Figura 100	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 5	71
Figura 101	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 5	71
Figura 102	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 5	71
Figura 103	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 6	73
Figura 104	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 6	73
Figura 105	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 6	73
Figura 106	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 6	73
Figura 107	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 6	73
Figura 108	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 7	75
Figura 109	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 7	75
Figura 110	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 7	75
Figura 111	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 7	75
Figura 112	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 7	75
Figura 113	Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 8	77
Figura 114	Gráfico da concentração do elemento As – Linha 8	77
Figura 115	Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 8	77
Figura 116	Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 8	77
Figura 117	Gráfico da concentração do elemento W – Linha 8	77
Figura 118	Exemplar de um <i>skarn</i> da unidade principal (do tipo M): SKM	84
Figura 119	Exemplar de um <i>skarn</i> da unidade inferior (do tipo L): SKL	85

Índice de Tabelas

Tabela 1	Regras do TCR, SCR e RQD	86
Tabela 2	Códigos e normas para a classificação da meteorização da amostra	87
Tabela 3	Normas de classificação das famílias de fraturas	88
Tabela 4	Diferentes códigos para as diferentes litologias	88
Tabela 5	Códigos para as diferentes cores	89
Tabela 6	Códigos para os diferentes tamanhos de grão	89
Tabela 7	Códigos para as diferentes texturas	90
Tabela 8	Códigos para a meteorização	90
Tabela 9	Códigos para as diferentes estruturas	91
Tabela 10	Intervalo de valores da inclinação	91
Tabela 11	Códigos para o preenchimento por diferentes materiais	91
Tabela 12	Códigos para as diferentes mineralizações existentes	91
Tabela 13	Códigos da distribuição da mineralização	92
Tabela 14	Intervalo de valores da percentagem de mineralização existente	92
Tabela 15	Códigos para a quantidade de mineralização	92
Tabela 16	Códigos para os diferentes tipos de alterações	92
Tabela 17	Códigos para as diferentes intensidades da alteração	93
Tabela 18	Códigos para o estilo que a alteração apresenta	93
Tabela 19	Dados das diferentes litologias e intervalos de manobras na sondagem	94
Tabela 20	Dados sobre as mineralizações e sobre as estruturas presentes em toda a sondagem	96
Tabela 21	Dados sobre as alterações presentes na sondagem	100
Tabela 22	Dados sobre a amostragem que se fez na sondagem	102
Tabela 23	Dados de densidades da sondagem	115
Tabela 24	Dados geotécnicos de toda a sondagem	107

Índice de Anexos

Anexo 1	Tabela dos Dados Geoquímicos utilizados neste trabalho	123
----------------	--	-----

Introdução

A presente dissertação é o resultado de um estágio curricular realizado na empresa Colt Resources, no âmbito da disciplina de Dissertação/Projeto/Estágio, no 2º ano do mestrado em Geomateriais e Recursos Geológicos da Universidade de Aveiro e da Universidade do Porto.

Este estágio teve como principal objetivo a realização de trabalhos de prospeção geológica na área de Poço do Canto, pertencente à concessão de Armamar-Mêda, da Colt Resources.

Durante o período de estágio realizaram-se ainda diversas atividades, necessárias à empresa, principalmente a descrição de sondagens diamantadas.

Objetivos

A presente dissertação teve como principais objetivos:

- A elaboração de cartografia geológica de detalhe de uma pequena área na zona de Poço do Canto, localizada na concessão de Armamar-Mêda, em particular para se obter uma delimitação mais rigorosa, em comparação com a cartografia até aqui disponível, dos corpos de *skarns* aí existentes;
- O estudo petrográfico de amostras colhidas nessa área, para apoio à cartografia mencionada e para caracterização da fácies e da zona metamórfica em que as rochas estudadas se integram;
- A descrição da variação dos teores, em amostras de solos, de alguns elementos relevantes para a prospeção e o estabelecimento da sua relação com a cartografia geológica;
- A familiarização com o trabalho quotidiano numa empresa de prospeção mineira.

1 Enquadramento Geológico

1.1 Situação Geográfica

A área de estudo pertence, à freguesia de Poço do Canto, no Concelho de Mêda, distrito da Guarda (Fig 1). É uma pequena freguesia com 596 habitantes e com uma área de 1622 ha. Faz fronteira com a freguesia de Vale do Porco, com a freguesia de CANCELLOS de Cima, com a freguesia de CANCELLOS de Baixo, com a freguesia de CANCELLOS do Meio e Sequeiros (Fig.2).

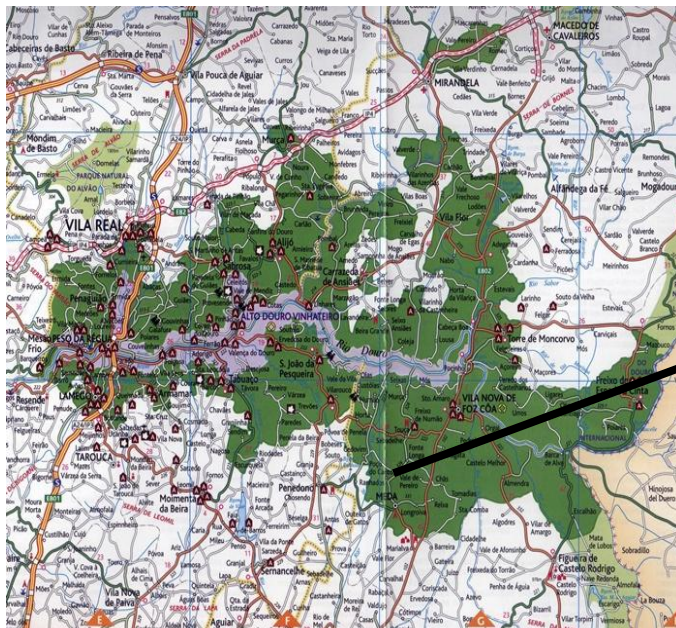


Figura 1- Mapa do Vale do Douro.

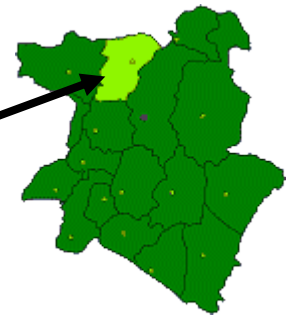


Figura 2 - Mapa do concelho de Mêda

1.2 A Zona Centro Ibérica dentro da Cadeia Varisca

1.2.1 Aspetos Gerais da Cadeia Varisca

O Maciço Ibérico é uma das macro-unidades geológicas da Península Ibérica, sendo as outras o conjunto das cordilheiras alpinas e as coberturas mesozoicas e cenozoicas. De todas estas macro-unidades, é no Maciço Ibérico que se encontra preservado o magmatismo e o metamorfismo associado à orogenia varisca nas melhores condições e onde afloram as rochas de idades mais antigas, desde o Proterozoico até ao Carbónico.

A área de estudo deste trabalho insere-se na Zona Centro-Ibérica, uma das principais unidades tectono-estratigráficas, que constituem o Maciço Ibérico (também frequentemente designado como Maciço Hespérico). Por seu turno, o Maciço Ibérico é o segmento mais ocidental da cadeia varisca na Europa (Ribeiro, 2013).

O levantamento da cadeia montanhosa varisca teve início no Devónico médio (Scotese & Golonka, 1992), e terá sido causado pela colisão entre dois continentes: Laurasia (englobando a área da atual América do Norte, Europa e Ásia) e Gondwana (referente às atuais massas continentais de África, América do Sul, Antártida, Índia e Austrália) (Martínez Catalán, 2011). Desta colisão formou-se um supercontinente, de seu nome Pangeia, envolvido pelo oceano Pantalassa. A orogenia varisca decorreu predominantemente entre o Devónico superior e o Carbónico superior, embora num sentido mais lato, ela também inclua episódios “eo-variscos”, do Devónico inferior ou do Silúrico superior (Gil-Ibarguchi et al, 2002). No Maciço Ibérico, ocorrem testemunhos de processos de subducção e obducção, que terão decorrido no período 420-390 Ma, até ao último estágio de arqueamento, durante a geração do Arco Ibero-Armoricano, no intervalo 320-280 Ma (Ribeiro, 2013), pelo que, aqui, a orogenia varisca abarca um conjunto de processos que se estendem desde o Silúrico superior até ao Pérmico inferior.

A parcela do orógeno varisco aflorante na Europa (Fig.3), doravante designada cadeia varisca europeia estende-se desde os montes Urais até a Península Ibérica, atingindo 3000 km de comprimento e 700-900 km de largura. Fragmentos desta cadeia podem ser encontrados em diversos maciços tais como o Maciço Central Francês, o Maciço Ibérico, o

Maciço da Boémia, o Maciço da Floresta Negra, entre outros. No setor sudoeste, a cadeia varisca europeia define uma grande unidade estrutural denominada por Arco Ibero-Armoricano (Julivert & Martínez, 1983; Ribeiro, 2013). Nesta unidade, a orientação das estruturas variscas passa de NW-SE, no núcleo do Maciço Ibérico, a N-S, no noroeste da Península Ibérica, a NE-SW e E-W, na Zona Cantábrica (situada no núcleo do arco), onde as estruturas são truncadas pelo Golfo da Biscaia. No Maciço Armoricano, as orientações variscas dominantes apresentam-se E-W a NW-SE (Julivert & Martínez, 1983)

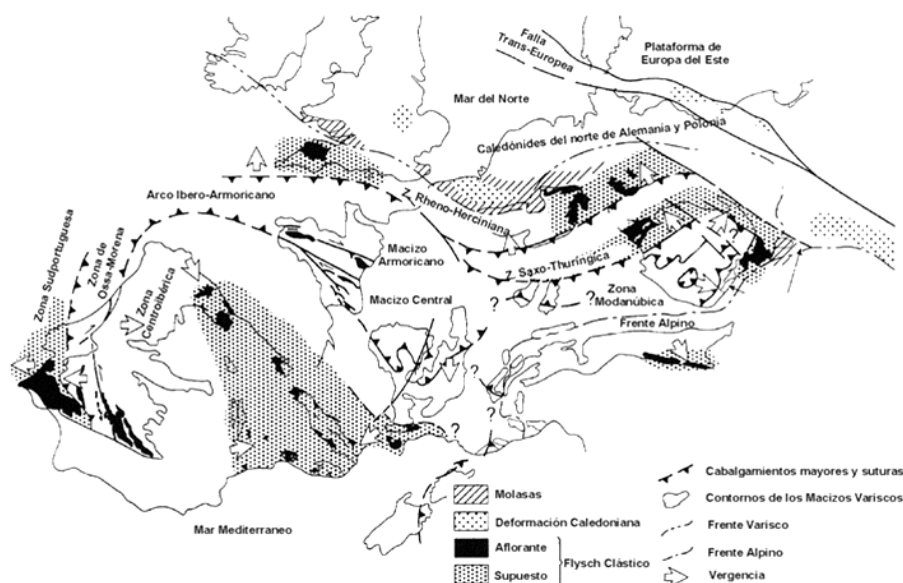


Figura 3 - Esquema geral da Cadeia Varisca Europeia segundo Franke (1989).

O Maciço Ibérico foi dividido em diversas unidades, diferenciadas pelas suas características magmáticas, tectónicas, metamórficas e estratigráficas. As zonas geotectónicas foram primeiramente definidas por Lotze (1945) e posteriormente sido modificadas por Julivert et al (1972) e por Farias et al (1987). De acordo com este último trabalho, consideram-se as seguintes, sendo de notar que as duas primeiras não se encontram representadas em Portugal:

- Zona Cantábrica (ZC);
- Zona Astúrico Ocidental-Leonesa (ZAOL);
- Zona de Galiza-Trás-os-Montes (ZGTM);
- Zona Centro-Ibérica (ZCI);
- Zona de Ossa Morena (ZOM);

- Zona Sul Portuguesa (ZSP).

Quanto à evolução geodinâmica do Maciço Ibérico, ela pode ser dividida em seis etapas principais:

1. Episódio orogénico cadomiano e portanto, com idades compreendidas entre o Neoproterozoico e o Câmbrio inferior.
2. No Câmbrio e no Ordovícico, terá acontecido um processo de *rifting*, que causou a abertura do oceano Rheic.
3. Durante o Ordovícico, o sector setentrional da Gondwana esteve sujeito a um regime geodinâmico de margem continental passiva, devido à abertura do oceano Rheic.
4. Entre o Devónico e o Carbónico ocorre a orogenia varisca, associada à colisão entre a Gondwana e a Laurásia e subsequente criação do supercontinente Pangeia.
5. Durante o Mesozoico aconteceu um novo episódio de *rifting*, com a abertura do oceano Atlântico.
6. Desde o Mesozoico superior até a atualidade, esteve ativa a orogenia alpina, associada à colisão da microplaca Ibérica com a placa euroasiática.

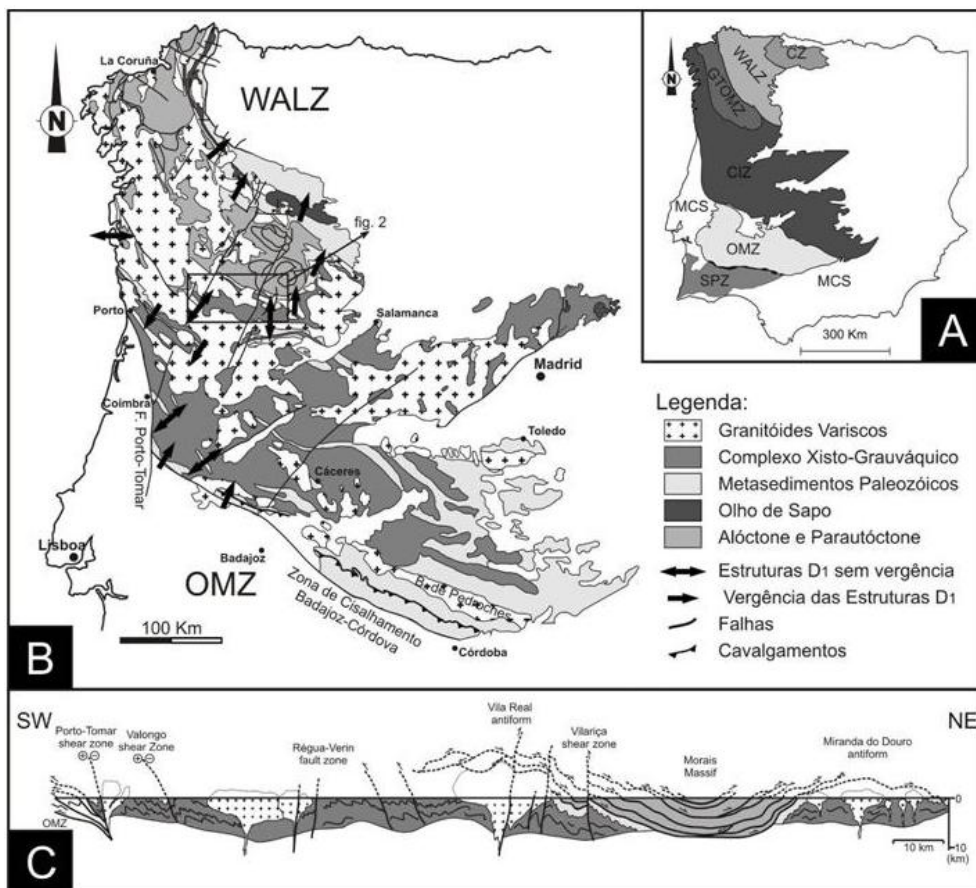


Figura 4 - Diferentes zonas geotecnónicas e Zona Centro Ibérica descrita. (Moreira N, 2010).

1.2.2 Caraterísticas principais da Zona Centro Ibérica

Visto que a área do trabalho se situa na Zona Centro Ibérica, dar-se-á agora especial destaque a esta unidade geotectónica.

Na divisão refeita por Farias et al. (1987), a ZGTM e a ZCI são consideradas como zonas distintas. A ZGTM é uma zona com caraterísticas particulares, ocupando o NE de Portugal e a Galiza e correspondendo a um empilhamento de mantos de carreamento sobre as unidades da ZCI. O contacto entre as duas zonas é, portanto, um carreamento de grande importância (Fig.4).

A Zona Centro Ibérica (ZCI) é limitada a NE, no contacto com a ZAOL, pela falha de Vivero e pelo sinclinal de Sil-Trucha (Martinez Catalán, 1985). A W é separada da ZOM, pelo cavalcamento de Ferreira do Zêzere e pela zona de cisalhamento de Porto-Tomar (Ribeiro, 1990). A S, a ZCI é limitada, em território português, pela falha de

Portalegre-Ferreira do Zêzere, ao longo da qual ocorreu um cavalgamento de sequências da ZOM sobre a ZCI (Julivert et al., 1972). No setor espanhol, alguns autores consideram que o contacto entre a ZOM e a ZCI é materializado pelo batólito de Los Pedroches (Julivert et al., 1972; Ribeiro, 1990), enquanto outros consideram que ele é feito pelo cisalhamento de Badajoz-Córdoba (Ábalos, 1992; Gil-Ibarguehi et al., 2002). Também não existe um consenso na literatura quanto ao significado geotectónico do limite sul: Pereira (1987) defende que o limite é uma sutura pre-câmbrica que foi reativada pela orogenia varisca. Em contrapartida, Matte, (1986), considera esse limite como uma sutura varisca que posteriormente evoluiu para uma zona de cisalhamento esquerdo.

Importa referir, no que respeita as divisões internas da ZCI, que o presente trabalho irá favorecer a abordagem/subdivisão proposta por Ribeiro (1990).

1.2.2.1 Estratigrafia

Do ponto de vista litoestratigráfico, o autóctone da ZCI é formado por unidades que podem ser divididas em dois grupos principais (Ribeiro et al, 1979):

- Um grupo constituído por materiais pré- a sinorogénicos, com idades desde o Precâmbrico até ao Devónico inferior. Estes materiais foram afetados pelos eventos tectonometamórficos variscos.
- Um segundo grupo constituído por materiais continentais não metamorfizados tardi a pós-orogénicos, depositados no Carbónico superior.

1.2.2.1.1 Soco Cadomiano

Os gnaisses e migmatitos bandados de Seixo-Pombal constituem o núcleo de uma antifforma, estrutura esta onde aflora o Complexo Gnaisso – Migmatítico de Miranda do Douro. Estes gnaisses bandados são instruídos por ortognaisses de Miranda do Douro, que inicialmente pensava-se serem derivados de um granito de 618 ± 9 Ma (U-Pb em Zircões; Lancelot et al., 1985). Datações mais recentes, datam este processo de granitização de idade cadomiana (526 ± 10 Ma, U-Pb em Zircões; Castro et al, 2003) e de idade ordovícica (483 ± 3 Ma, U- Pb em Zirções; Bea et al, 2006). De qualquer forma, o facto dos ortognaisses de Miranda do Douro cortarem a foliação dos gnaisses bandados de Seixo-Pombal, prova que esta foliação foi gerada num evento pré-Varisco (Ribeiro et al, 2009).

1.2.2.1.2 Super Grupo Dúrico-Beirão

A área ocupada pelo Super Grupo Dúrico-Beirão é muito vasta, cobrindo, na maioria a região do Douro e toda a região centro. Este grupo pode ser dividido em dois subgrupos: o grupo do Douro e o grupo das Beiras. A principal diferença entre estes dois é o desaparecimento dos calciturbiditos, que são caraterísticos do grupo do Douro.

Do ponto de vista da litoestratigrafia, só vai ser abordada o grupo do Douro, porque a área de estudo se encontra neste grupo e não no grupo das Beiras.

Inicialmente, considerou-se que o grupo do Douro (Fig.5) era constituído por seis formações (Sousa, 1982): a formação de Bateiras, Ervedosa do Douro, Rio Pinhão, Pinhão,

Desejosa e S. Domingos. Posteriormente, estudos realizados mostraram a existência de um carreamento sin-sedimentar, o carreamento da Senhora do Viso, de idade Sarda, o que levou a uma duplicação da sequência. Foi então considerada a existência de uma unidade autóctone, esta constituída pelas formações de Bateiras e Ervedosa do Douro e de uma unidade alóctone constituída pelas formações de Rio Pinhão, Pinhão, Desejosa e S. Domingos (Silva & Ribeiro, 1985). Trabalhos posteriores consideram que a formação de S. Domingos consistia num depósito contemporâneo devido ao carreamento da Senhora do Viso (Romão et al., 2005).

Formação de Bateiras

Esta é a formação mais antiga e a espessura desta unidade é superior a 800m (Sousa, 1982). É caracterizada pela presença de níveis de filitos negros grafitosos, metagrauvaques e calcários que só ocorrem nesta unidade. Esta unidade foi dividida em dois membros:

- Um membro inferior caracterizado por, primeiramente, apresentar uma bancada de metagrauvaques que contêm um nível de microconglomerados. Segue-se uma alternância de metagrauvaques com espessura métrica, com filitos negros grafitosos (Sousa, 1982; 1984).

- O segundo membro designado por superior caracteriza-se pela presença de calcários, filitos cinzentos e metagrauvaques. Estes calcários são cinzentos-escuros mas podem também ocorrer com a cor bege. Estes níveis de calcários podem passar lateralmente a conglomerados, com clastos de quartzo e uma matriz carbonatada, caso dos conglomerados de Trevões (Sousa, 1979).

Formação de Ervedosa do Douro

Esta é uma unidade que se apresenta finamente estratificada, constituída por filitos cloríticos esverdeados, quartzofilitos e metagrauvaques. De notar que no topo desta unidade, existem filitos que são ricos em magnetite, com uma dimensão de cerca de 10m. Considera-se que a espessura aproximada desta unidade é de $250\text{m} \pm 50\text{m}$.

Formação de Rio Pinhão

Esta é a unidade litoestratigráfica que a área de estudo está inserida. A formação de Rio Pinhão é a unidade basal do alóctone, portanto da sequência que foi carreada. As suas características são muito semelhantes ao topo da formação de Bateiras (Sousa & Serqueira, 1989). É constituída por metagrauvaques, com bancadas mais ou menos espessas que alternam com filitos escuros listrados, estes sendo geralmente menos espessos. Os níveis de metagrauvaques têm pequenas intercalações de microconglomerados e por vezes de filitos. Esta formação tem uma espessura que, no mínimo, é de $250\pm 50\text{m}$.

Formação de Pinhão

Esta formação é considerada o equivalente, no alóctone, da formação de Ervedosa do Douro, devido às suas parecenças nas características. A formação de Pinhão é uma sequência de cor esverdeada, finamente estratificada e com alternâncias de leitos psamíticos e pelíticos com 10 a 20 cm de espessura. De notar que na metade superior da formação de Pinhão existem níveis de filitos e psamitos que são ricos em magnetite e que podem ter uma espessura de 10m. Esta formação pode ter uma espessura de $350\pm 50\text{m}$.

Formação de Desejosa

Esta unidade é constituída por finas intercalações de filitos a psamitos, dando-lhe um aspeto listrado característico, podendo também intercalar-se bancadas de metagrauvaques. Nesta formação existem diversas estruturas sedimentares do tipo de estratificação gradada, figuras de carga, entre outras. No topo desta unidade, existe uma intercalação com uma bancada de conglomerado intraformacional. Na região de Tabuaço, esta unidade têm uma espessura de $250\pm 50\text{m}$ (Sousa, 1982), mas na região de Freixo de Espada à Cinta, apresenta uma espessura de $1200\pm 100\text{m}$ (Silva & Ribeiro, 1994).

Formação de S. Domingos

Esta é a unidade mais alta no Grupo do Douro, desconhecendo-se o seu topo. É caracterizada pela presença de conglomerados polimíticos e metaquartzareníticos. Nesta

unidade não existe material pelítico. Os clastos que estão nos conglomerados são de quartzo, filito, calcários e metagrauvaques. Nesta unidade existem muitas estruturas sedimentares como figuras de erosão, estratificação gradada, marcas de arraste, entre outras.

Devido ao carreamento da Senhora de Viso, o soco granítico ficou descoberto, o que serviu de alimento para a formação dos conglomerados e das espessas camadas de metaquarzoarenitos.

A espessura desta unidade é de, pelo menos, 50m.

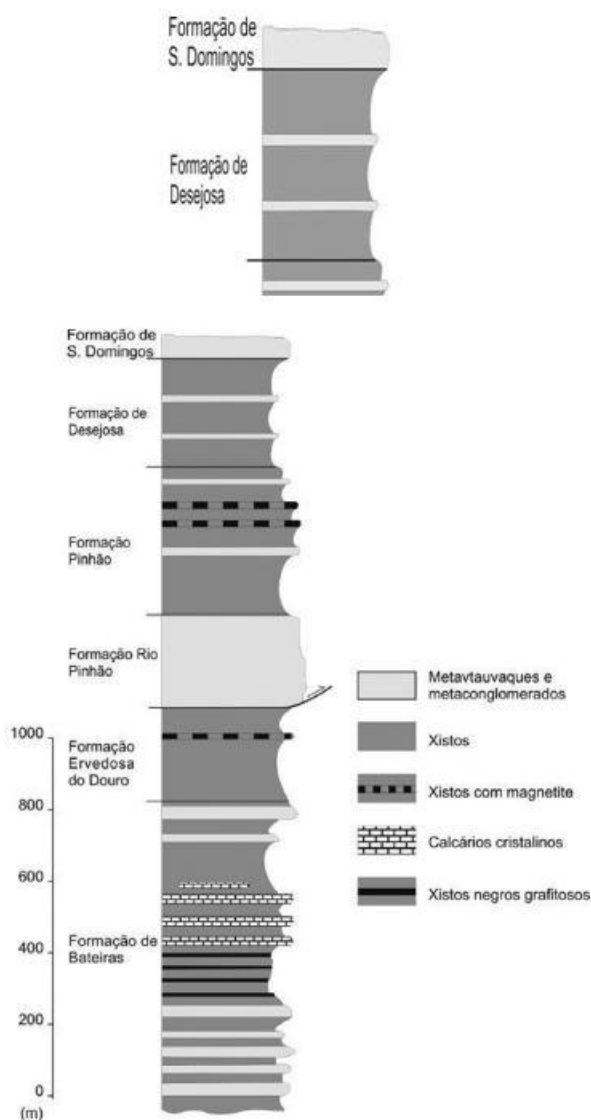


Figura 5 - Coluna estratigráfica simplificada do Grupo do Douro. (Moreira et al, 2010)

1.2.2.1.3 Ordovícico

O Ordovícico está bem identificado em diversos afloramentos que se encontram na Serra do Marão. Esta sequência geralmente assenta em discordância sobre a formação de Desejosa, tanto por desconformidade, como por discordância angular.

O Ordovícico inferior é constituído, na sua base, por camadas vermelhas de conglomerados, grauvaques ou uma alternância de pelitos e arenitos. Estas camadas são do tremadociano ou do arenigiano. Posteriormente assenta o quartzito armoricano, do arenigiano, podendo atingir algumas centenas de metros de possança.

No Ordovícico médio, existem xistos negros, datados do lanvirniano, que contêm uma rica fauna bentónica de trilobites, braquiópodes, molúsculos, entre outros.

Quanto ao Ordovícico superior, este é composto por unidades areníticas e pelíticas do caradociano, onde se podem localmente sobrepor calcários. Contêm também depósitos glaciomarinheiros, de rochas silúricas.

1.2.2.1.4 Silúrico

Na região do Marão, é na formação de Campanhó que o Silúrico está representado, ocorrendo com uma possança de 50 a 60m. Esta formação é constituída por filitos negros carbonosos, níveis de liditos com intercalações de ampelitos, quartzitos claros, calcários cinzentos-escuros e ampelitos com fosfatos, em que no topo ocorrem intercalações de filitos negros com quartzitos (Pereira, 1987).

No caso do anticlinal de Valongo, a sequência silúrica começa por apresentar, na base, xistos negros carbonosos com intercalações de liditos, constituindo os xistos carbonosos inferiores. Estes xistos têm uma espessura de 100m. Posteriormente, sobrepõe-se xistos acinzentados com intercalações de grauvaques, quartzitos, e xistos negros grafitosos, constituindo os xistos carbonosos superiores, com dimensão indeterminada. No topo da sequência aparecem quartzitos e metassiltitos, pertencentes à formação de Sobrado (Piçarra et al, 2009).

1.2.2.1.5 Devónico

O Devónico aflora de forma escassa na ZCI. No caso da região do Marão, o Devónico está representado pela formação de Santos (Pereira, 1987). Esta formação, segundo o autor, é constituída, na base, por uma bancada de 30m de pelitos bandados cinzentos-escuros. Em seguida aparecem níveis de pelitos verdes e metassiltitos com laminação paralela a cruzada, com uma possança de 30m. Posteriormente, 8m de grauvaques apresentam uma estratificação cruzada, seguidos de uma alternância entre pelitos e psamitos, com cerca de 20m. Seguidamente aparece uma bancada com 7m de pelitos negros e por último termina numa sequência de metassiltitos e pelitos, com intercalações de metagrauvaques e metaquartzovaques com uma possança na ordem dos 40m.

No caso do anticlinal de Valongo, existem grandes diferenças de fácies em cada flanco da antiforma. No flanco sudoeste desta estrutura, o Devónico está representado pela formação de Telheiras. Aflora, ao longo de uma faixa estreita e muito estirada, de forma intermitente. A formação de Telheiras é constituída por dois subgrupos:

- Um grupo inferior que é constituído por quartzitos, em bancadas métricas, com intercalações de filitos e grés negros-esbranquiçados, aos quais se sobrepõem bancadas de quartzitos claros, decimétricas a métricas. Nestas bancadas também pode aparecer metagrés argiloso, níveis de metarenitos e filitos escuros e no topo aparecem bancadas métricas, quartzitos e metagrés argilosos (Pereira, 1992). Devido à presença de diversos fósseis foi dada a este grupo uma idade gediana (Teixeira et al., 1965).

- O grupo superior inicia-se acima de uma caixa de falha com 10m, preenchida por uma brecha. É constituído por uma bancada de grés avermelhado espessa, seguida de níveis muito finos de xistos argilosos. Este grupo está interrompido por um acidente tectónico que é preenchido por uma brecha ferruginosa. Pela fauna presente neste grupo, foi datado do devónico inferior (Teixeira et al., 1965).

No flanco nordeste da antiforma, a formação de Telheiras não é conhecida. As unidades que existem a topo do Silúrico são conhecidas pela formação de Sobrado (Delgado, 1908). Esta formação é constituída por uma sequência com 300m de níveis de greso-quartzítico, alternâncias de psamitos e pelitos, grauvaques e alternâncias de psamitos e pelitos que por vezes podem ser negros.

1.2.2.1.6 Carbonífero

Os afloramentos do Carbonífero da ZCI apresentam características continentais, formados em bacias intramontanhas, que estão associadas a desligamentos esquerdos importantes, que estiveram ativos durante a estruturação do orógeno varisco (Domingos et al., 1983).

A Unidade de São Pedro Fins-Midões aflora numa estreita falha entre São Pedro Fins e o rio Sousa. Assenta discordantemente sobre o complexo xisto-grauváquico a oeste e a leste marca o sulco carbonífero dúrico-beirão. De base para o topo, esta unidade é constituída por um conglomerado-brecha que, por vezes, se encontra em bancadas muito espessas contendo grãos angulosos e bem rolados de granito, quartzitos e micaxistos. Posteriormente, sucedem-se intercalações de xistos argilosos negros e finos com bancadas de antracite.

1.2.2.2 Estrutura

Segundo Diez Balda et al., (1990), a deformação pré-hercínica criou duas discordâncias angulares (Fig.6). A mais antiga, segundo o mesmo autor, separa duas unidades pré-ordovícicas, estando o Grupo das Beiras do CXG abaixo dessa discordância, enquanto o Grupo do Douro ocupa a posição superior. A discordância pré-varisca mais recente é a que corresponde à chamada deformação sarda. Esta deformação produziu, em geral, dobramentos suaves, sem foliação e sem metamorfismo associado, o que levou a que o Ordovícico assentasse em discordância sobre o Ediacarano ou o Câmbrico. Contudo, no Grupo do Douro do CXG, a deformação sarda gerou ainda um outro elemento estrutural muito importante: o carreamento da Senhora do Viso, entre Vila Real e Vila Nova de Foz Côa, com um deslocamento que ultrapassa os 30 Km (Silva & Ribeiro, 1985). Uma das consequências deste carreamento é a duplicação de parte das unidades litoestratigráficas, como sucede, aliás, no setor em que se insere a área objeto de estudo nesta dissertação.

A primeira fase de deformação varisca (D1) é particularmente importante, visto ser a única que é penetrativa em toda a região.

A D1 caracteriza-se por dobramento acompanhado de clivagem, geralmente de plano axial, embora localmente ocorram relações de transecção que estariam relacionadas com uma componente de cisalhamento esquerdo. No que se refere à orientação geral das estruturas da D1, ela é E-W no setor oriental da ZCI, enquanto a oeste predomina a direção NW-SE (Dias et al., 2013). Também há uma variação no estilo de dobramento, o que levou Diez Balda et al. (1990) a dividir a ZCI em dois setores estruturais: domínio das dobras deitadas, a NE, exclusivamente em território espanhol; domínio das dobras verticais, a SW, abarcando a parte portuguesa da ZCI, bem como as regiões espanholas a sul de Salamanca e Toledo. Segundo Dias et al. (2013), a D1 na ZCI ter-se-á iniciado no Devónico médio e poderá ter-se prolongado até ao Viséano.

Na parte setentrional da ZCI, encontram-se testemunhos de uma segunda fase de deformação (D2), a qual parece estar associada ao transporte de mantos de carreamentos que originaram a ZGTM (Ribeiro et al., 2006). Esta fase caracteriza-se pela formação de zonas de cisalhamento sub-horizontais e de uma clivagem que, localmente, pode transpor a S1 (Diez Balda et al., 1990). A D2 parece ter decorrido no viséano-namuriano (Dias et al., 2013).

Quanto à terceira fase de deformação, ela está representada por dobras com planos axiais subverticais, acompanhadas de clivagem de crenulação ou até, nos domínios de maior grau metamórfico, de uma xistosidade que chega a transpor as anisotropias tectónicas anteriores. A D3 caracteriza-se ainda por zonas de cisalhamento dúcteis WNW-ESE a NW-SE (esquerdas) e NNW-SSE (direitas). A conjugação de dados estratigráficos e de geocronologia absoluta leva a considerar que a D3 deverá ter decorrido ao longo do Carbónico superior e início do Pérmico (Dias et al., 2013).

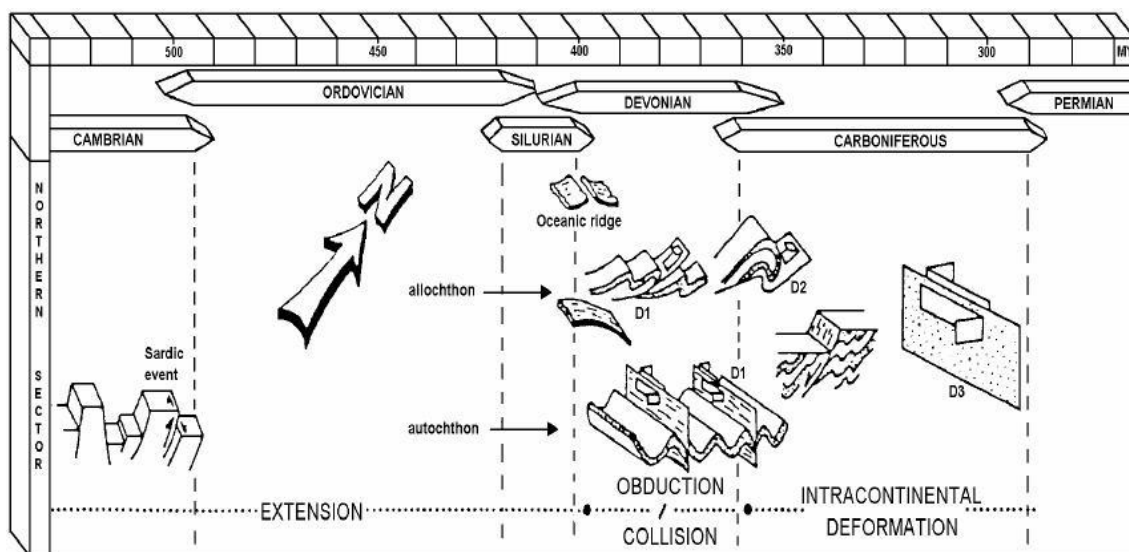


Figura 6 - Evolução estrutural da Zona Centro Ibérica durante o ciclo Varisco. Extraído de Dias e Ribeiro, 1994.

1.2.2.3 Metamorfismo

Um aspeto digno de nota no Maciço Ibérico, em geral, e que se encontra na ZCI é a existência de bandas metamórficas alongadas segundo as principais direções variscas (Martínez & Gil-Ibarguehi, 1983; Martínez et al., 1990) (Fig.7). Essas bandas coincidem habitualmente com antiformas de D3 em cujos núcleos é comum encontrarem-se rochas migmatíticas e plutões graníticos. O metamorfismo associado à migmatização e às intrusões graníticas tem características de alto gradiente geotérmico e terá acompanhado a última grande fase de deformação varisca. Contudo, alguns autores referem que, em etapas de deformação mais precoce (em especial, durante a D1), teve lugar metamorfismo de tipo barroviano com formação de paragénese com granada, estaurolite e distena (Martinez & Gil-Ibarguechi, 1983; Martinez et al, 1990; Escuder Viruete, 2004).

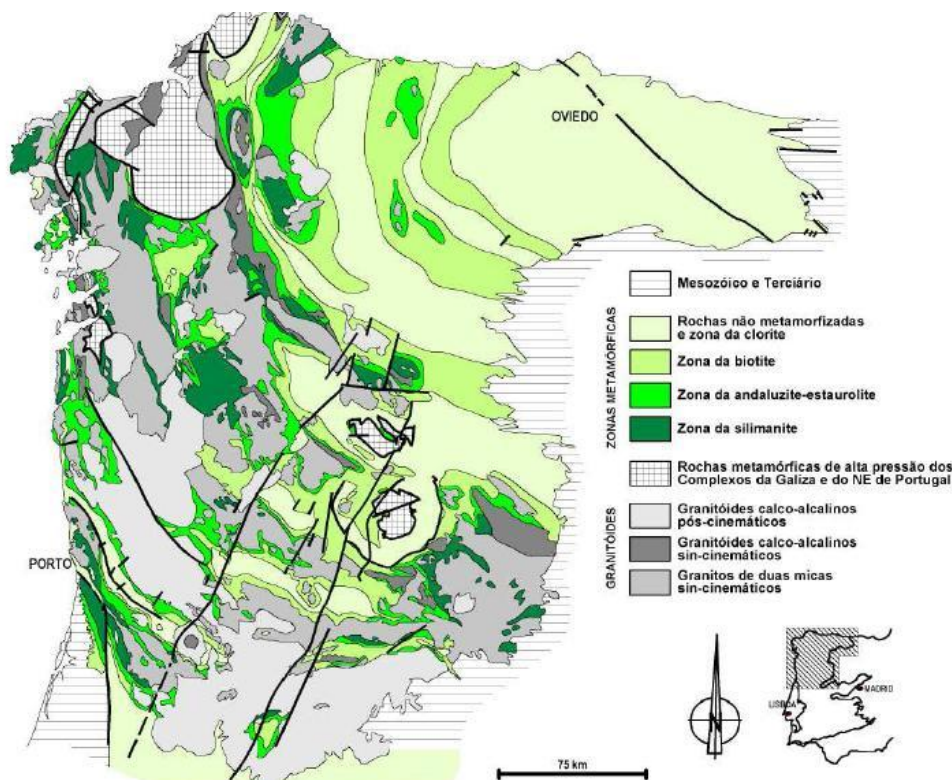


Figura 7 - Distribuição das faixas metamórficas no noroeste do Maciço Ibérico. Retirado de Martínez *et al.*, 1988.

1.2.2.4 Magmatismo

1.2.2.4.1 Magmatismo pré-varisco

O magmatismo pré-varisco tem uma grande representação no Domínio de Olho-de-sapo, o qual não foi referido anteriormente por aflorar unicamente em Espanha, ao longo do limite com a ZAOL. Nesse domínio, estão presentes rochas cujos protólitos eram litologias quer extrusivas, quer intrusivas, de idade cambro-ordovícica, com composições geralmente ácidas e revelando caráter ou calco-alcalino ou peraluminoso, provavelmente relacionados com um ambiente de transição entre o final de orogenia cadomiana e o início de *rifting* ordovícico (Navidale & Bea, 2004).

Na parte N do domínio do CXG, ocorreram gnaisses derivados de granitoides cadomianos, metaluminosos a fracamente peraluminosos. Nas sequências ordovícicas e silúricas, são conhecidas algumas manifestações vulcânicas ou subvulcânicas, por vezes de caráter bimodal (Castro et al., 2000; Navidale & Bea, 2004). Um exemplo de manifestações vulcânicas de idade ordovícica é encontrado na Serra do Marão (Coke et al., 1995).

1.2.2.4.2 Magmatismo varisco

Uma das características fundamentais da ZCI é a abundância de intrusões de granitoides, instalados aquando a orogenia varisca (Fig.8) (Coretge, 1983; Ribeiro, 1990; Ugidos, 1990).

Desde há várias décadas que têm sido realizados trabalhos sobre os granitoides do Norte de Portugal no sentido de os dividir de acordo com a evolução tectono-metamórfica dessa região. Nos trabalhos finais de Schermerharn (1956) e Oen (1958), aquelas rochas foram divididas em *Older Granites* e *Younger Granites*. Os primeiros são tipicamente mesozonais e dispõem-se segundo as estruturas regionais, enquanto os segundos são caracteristicamente epizonais, discordantes em relação à estruturação regional e, frequentemente, constituem intrusões zonadas. Em sínteses mais recentes (Ferreira et al., 1987; Azevedo & Aguado, 2013), os *Older Granites* são considerados sin-D3 e correspondem predominantemente a leucogranitos, granitos de duas micas, granitos biotíticos e granodioritos, com assinatura geoquímica revelando uma origem essencialmente pós anatexia crustal. Quanto aos *Younger Granites*, estes correspondem a

intrusões tardi a pós-D3 em que, às fácies graníticas, em sentido estrito, é comum associarem-se litologias mais básicas (granodioritos, monzodioritos quártzicos, dioritos e por vezes até gabros). Estes granitoides mais tardios revelariam um aumento da intervenção, nas fases finais de orogenia varisca, de magmas provenientes do manto astenoférico (Azevedo & Aguado, 2013).

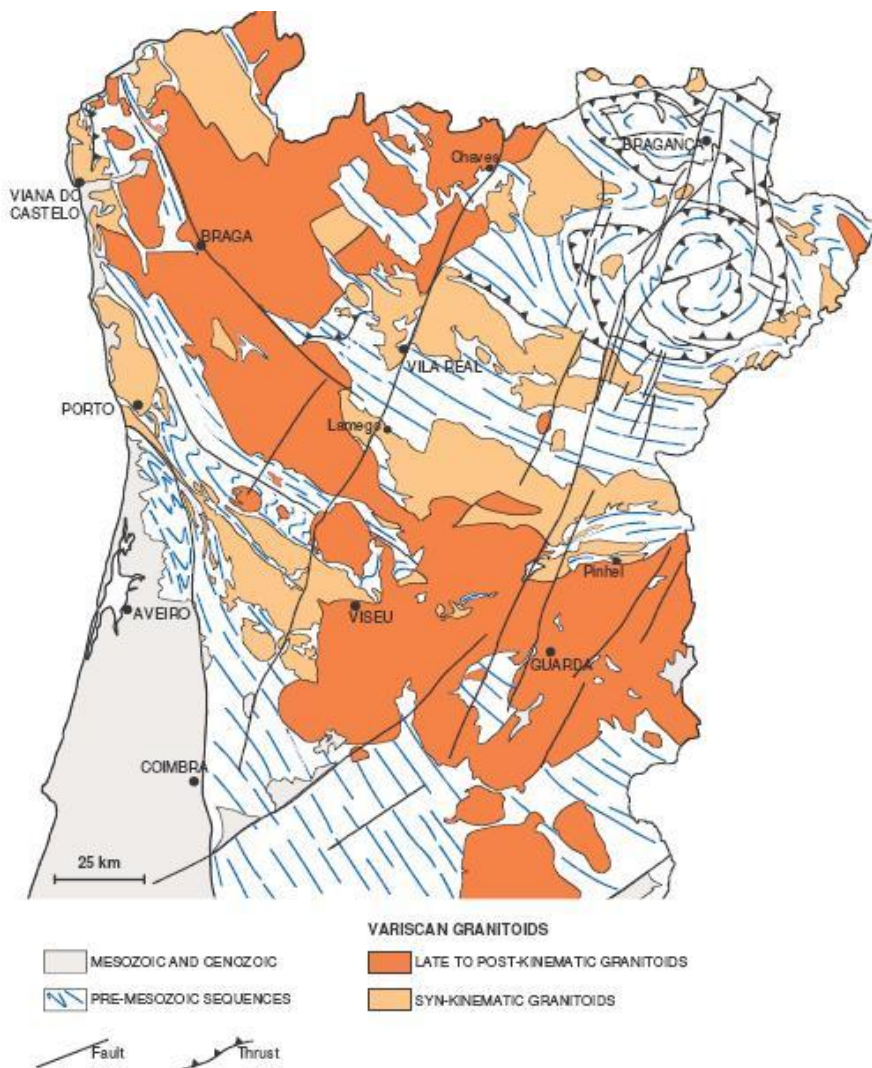


Figura 8 - Distribuição dos granitoides sin-D3 e tardi-pós-D3 na Zona Centro Ibérica. Extraído de Azevedo, 2005

2 Tungsténio- Aspetos Metalogenéticos e Aplicações

2.1 Enquadramento metalogenético

Muitas ocorrências metálicas de interesse económico estão relacionadas com intrusões e parecem resultar de uma reunião de processos magmáticos e hidrotermais, envolvendo diminuição de temperatura e pressão, imiscibilidade de fluidos e reação entre fluidos e rochas. Apesar de a génese de depósitos de W, Sn, Cu, Au e Mo estar habitualmente associada uma etapa de magmatismo e outra de hidrotermalismo, a passagem de uma à outra é frequentemente descontínua e os fluidos envolvidos nos processos hidrotermais podem ter origem muito variada (Noronha, *et al*, 2013).

No Norte de Portugal, as mineralizações conhecidas de Sn, W, Au e Li estão tipicamente controladas por estruturas variscas e apresentam uma relação espacial bem definida com granitos variscos.

A ZCI e a ZGTM são as unidades geotectónicas do Maciço Ibérico em que existem mais ocorrências de jazigos de Sn e W, os quais constituem a Província Metalogenética Estano-Tungstífera Ibérica (Neiva, 1944). Este tipo de mineralizações ocorre em situações em que se encontram granitos a intruir séries marinhas espessas (Neiva, 1944). É de notar que estas séries marinhas contêm frequentemente níveis de vulcanitos, rochas calcossilicatadas e, por vezes, calcários (Thadeu, 1977).

As mineralizações de W e Sn há muito que são conhecidas na ZCI e na ZGTM. As principais ocorrências de W-Sn estão, em grande parte, diretamente ligadas a granitos ou a outras litologias como aplito-pegmatitos (Lagares da Estanho - Queiriga), *stockworks* intra ou extra batolíticos (Bejanca - Vouzela e Fonte Santa - Freixo de Espada à Cinta) e em veios. Mineralizações em veios são as mais comuns e as que produzem mais volframite em Portugal (Goínhas, 1987).

As mineralizações de W e Sn, normalmente são encontradas na auréola de metamorfismo de contacto, por vezes a grande distância de afloramentos de granito mas, nestes casos, assume-se o relacionamento em profundidade, sem haver afloramentos de granitos. Estes casos dão-se, por exemplo, na Panasqueira, Argemela, Góis, Borralha, Vale das Gatas, entre outros (Knoff, 1990).

Além de todos estes exemplos, existe ainda o caso especial de mineralização de W e Sn em *skarns*, com a formação de scheelite. Estes *skarns* formam-se através de processos metassomáticos e afloram, por exemplo, em St^a Leocádia - Armamar, S. Pedro das Águias – Tabuaço e Cravezes - Mogadouro.

As áreas mais promissoras para a ocorrência de grandes depósitos, são controladas por vários tipos de geoestruturas (Goínhas, 1987):

- 1- Áreas com séries monótonas de xistos onde existe uma relação com um granito, nem sempre aflorante. Um exemplo é o CXG que se situa a sul da Serra da Estrela, num alinhamento de E-W, entre Góis e a fronteira espanhola. Esta cintura engloba as minas de Góis, da Panasqueira e da Argemela. O depósito mais importante é o das minas da Panasqueira, em que a mineralização se encontra em lentículas sub-horizontais.
- 2- Alinhamentos estruturais de dimensão regional que contêm vários tipos de mineralizações de Sn e W, associados a pequenos afloramentos de granitóides. Como exemplo temos os alinhamentos segundo WNW-ESE desde as minas de Tuela, Argrochão e Murçós, sendo rejeitados pela falha da Vilariça, continuando para as minas de Ribeira e Arcozelo. Os depósitos são similares aos da mina de Tuela, com zonas de vastos *stockworks*, uma grande densidade de veios mineralizados e uma remobilização segundo falhas de *strike-slip*, sub-paralelas ao alinhamento regional.
- 3- Áreas graníticas que contêm múltiplas intrusões, com diferentes mineralogias, metalogenia e cronologia. Em alguns casos, as paragénese para um determinado tipo de intrusão podem ser determinadas de acordo com os esquemas de zonamento, geralmente acompanhados por fenómenos de alteração hidrotermal.
- 4- Maciços de granitos circunscritos, em auréolas de metamorfismo de contacto, com diferente composição em comparação aos granitos regionais. Estes granitos circunscritos criam afloramentos de pequenas dimensões, de forma circular e ligeiramente alongados segundo um dos eixos. Como exemplo temos os maciços da região de Arouca, segundo NW-SE.

Uma área com grande interesse metalogenético é a cintura de scheelite no Douro. Esta área inclui zonas onde o CXG contacta com granitos sintectónicos. Esta cintura localiza-se a norte e a sul do rio Douro, desde Freixo de Espada à Cinta até a Régua. Existem diversas ocorrências de depósitos, sendo os de maior interesse os de Cravezes (Mogadouro), St^a Leocádia (Armamar) e S. Pedro das Águias (Tabuaço).

Na ZCI, existem diversas áreas de interesse, ricas em metais preciosos (Fig.9):

- Em Valongo/Gondomar existe uma cintura de Au e Sb. Estas mineralizações estão incluídas no anticlinal de Valongo. Existem diversos vestígios de trabalhos mineiros realizados pelos romanos em Ribeiro da Igreja (Sb-Au), Montalto (Sb-Au), Banjas (Au-As) e nas minas de Terramonte (Ag).
- Na zona de Castromil ocorrem vários depósitos de Au. Este encontra-se disseminado em veios muitos silicificados e com grafite.
- Na zona de Penedono (minas de Santo António) também acontecem mineralizações em Au. Estas mineralizações estão associadas a sulfuretos.
- Na zona do Caramulo onde o Au está associado a sulfuretos.

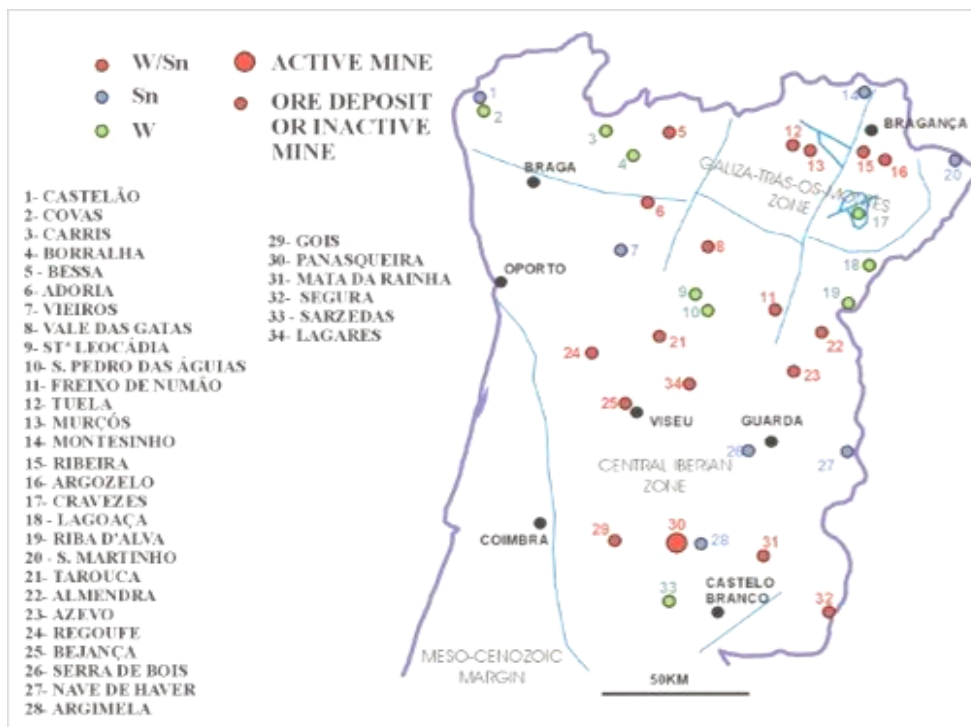


Figura 9 - Ocorrências de W e Sn no Norte de Portugal (Imagem fornecida pela Colt Resources)

2.2 *Skarn*

Skarn é um termo antigo sueco, que era utilizado para caracterizar rochas muito duras, compostas, na sua maioria, por minerais calco-silicatados, tais como piroxenas, anfíbolas e epídotos, entre outros. Atualmente, este termo é usado para definir o processo de substituição de rochas carbonatadas por associações de minerais calco-silicatados, durante o metamorfismo de contacto ou regional, através de metassomatismo (Meinert, 1992).

De entre os minerais que habitualmente caracterizam os *skarns* destacam-se: piroxenas, granadas, vesuvianite, volastonite, actinolite, magnetite ou hematite e epídoto. Além disto, os *skarns* encontram-se muitas vezes enriquecidos em elementos incompatíveis, que podem originar minerais como turmalina, topázio, berilo, fluorite, apatite e barite, entre outros.

O metassomatismo é um processo de transformação provocado pela interação de uma fase fluída com a rocha envolvente. Isto leva não só à formação de novos minerais como também à modificação da composição química da rocha. As rochas que sofreram metassomatismo, ou seja, onde houve entrada ou saída de componentes químicos e modificação dos seus minerais, designam-se metassomatitos (Schorsober, 1980).

2.2.1 Génese de *skarns*

Os depósitos de *skarns* estão, em geral, relacionados com intrusões de granitos em rochas carbonatadas. Há uma grande variedade de depósitos de *skarns* que podem ter interesse para a exploração de metais, em especial de W, Cu, Fe, Mo, Pb-Zn e Au. Esta grande variedade de mineralizações pode ser explicada pelas diferentes composições, pelos diferentes estados de oxidação e pela afinidade metalogénica da intrusão granítica.

Apesar da grande variedade de depósitos de metais associados a *skarns*, a base de formação para todos eles é muito similar. Normalmente há uma intrusão granítica que desencadeia o processo, fornecendo o calor necessário e parte dos fluidos que estão envolvidos nas reações metassomáticas. Esta intrusão granítica nem sempre é identificada em afloramento, mas a sua presença é, normalmente, inferida (Einaudi et al, 1981).

Na sequência imediata da instalação do corpo ígneo ocorre, na génese do *skarns*, uma sequência de processos que pode ser dividida em três etapas principais (Fig.10) (Einaudi et al., 1981; Meinert., 1992; Evans, 1993; Robb, 2005):

2.2.1.1 Metamorfismo de contacto prógrado e isoquímico

Nesta etapa, o metamorfismo ocorre, predominantemente, pelo efeito térmico. A circulação de fluidos é pouco importante, embora possa ocorrer em consequência de reações de desvolatilização nas rochas da auréola de contacto. As transformações químicas, em geral, são mínimas. Os calcários originarão mármore, os argilitos e os metapelitos transformar-se-ão em corneanas pelíticas, os arenitos quartzíticos passarão a conter minerais como granada, vesuvianite, volastonite, clinopiroxena, tremolite, talco ou plogopite, para além dos carbonatos dominantes (calcite e/ou dolomite).

Não se formam *skarns* nesta fase, exceto muito localmente, em estreitas faixas ao longo do contacto entre litologias fortemente contrastantes (*skarns* de reação).

2.2.1.2 Metamorfismo em condições prógradas

Nas etapas finais da diferenciação magmática, o corpo plutónico liberta fluidos aquosos que tenderão a migrar para a auréola de contacto. Em níveis crustais profundos, o fluxo de fluidos tende a estar concentrado ao longo de condutas bem delimitadas (como planos tectónicos ou superfícies de estratificação), enquanto em níveis pouco profundos a influência dos fluidos será mais penetrativa devido à sua circulação ocorrer concomitantemente com fenómenos de fracturação hidráulica.

Agora, a formação de paragénese metamórfica acompanha a modificação da composição química das rochas carbonatadas, as quais tenderão a sofrer fortes enriquecimentos em Si, Al e Fe, bem como noutros componentes introduzidos pelos fluidos.

Os silicatos que se formam nesta etapa são habitualmente os mesmos que já se estariam a formar na anterior. Adicionalmente, a formação de óxidos (como magnetite e cassiterite) e de volframatos (scheelite) pode também começar a assumir importância. Em contrapartida, a deposição de sulfuretos é inexistente ou só incipiente.

2.2.1.3. Introdução de fluidos meteóricos e precipitação dos metais, em condições retrógradas.

Com o arrefecimento, irá ocorrendo simultaneamente o declínio de importância dos fluidos de origem magmática, continuando, contudo, a ocorrer circulação hidrotermal, só que, nesta etapa, dominada por água proveniente da superfície.

Em consequência, as paragénese metamórficas anteriores tenderão a ser substituídas por associações mineralógicas de baixa temperatura e em que abundam os minerais hidratados. O epídoto, a clorite e a actinolite, por exemplo, são silicatos típicos desta etapa da génese de *skarns*.

A precipitação de metais, iniciada na etapa anterior, atinge agora o seu clímax, com a formação de sulfuretos, acompanhados de alguns óxidos (magnetite e hematite). Os minerais metálicos irão ocorrer quer disseminados, quer em veios. A deposição de sulfuretos não fica necessariamente restrita aos *skarns*, podendo também registar-se para além dos seus limites.

Em situações proximais da intrusão, são típicas as associações pirite-calcopirite-magnetite. Já em condições mais afastadas da intrusão são comuns paragénese bornite-blenda-galena.

De entre as causas para a relação entre a etapa retrógrada e o máximo de deposição de minerais metálicos, parecem poder destacar-se a diminuição das solubilidades dos metais na fase fluída e a neutralização que ocorre quando os fluidos hidrotermais atingem as litologias carbonatadas.

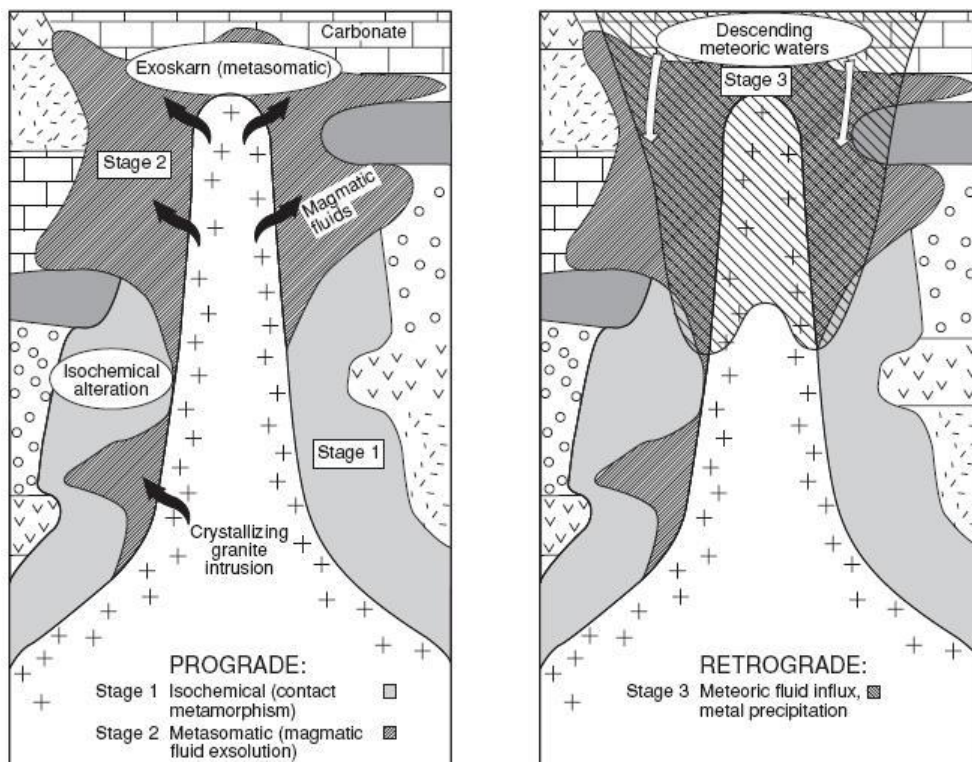


Figura 10 - Evolução esquemática dos processos metassomáticos (Cobert and Leach, 1998)

2.2.2 Diferentes tipos de *skarns*

Os *skarns* podem dividir-se de acordo com dois tipos principais de critérios: o tipo de protólito e o tipo de mineralização.

Quanto ao primeiro critério, faz-se uma divisão entre *endoskarns* e *exoskarns* (Evans, 1993, e referências aí citadas). Estes são termos usados para distinguir se o protólito de um *skarn* era uma rocha sedimentar carbonatada (usando-se, neste caso, o termo *exoskarn*) ou uma rocha ígnea intrusiva (*endoskarn*). Os *exoskarns* são ainda subdivididos, quanto à sua composição, em cálcicos e magnesianos, sendo de referir que a maioria dos depósitos económicos de *skarn* se encontram em *exoskarns* cálcicos (Einaudi et al, 1981).

No que se refere às mineralizações, as mais importantes são as de cobre, ferro, tungsténio, zinco-chumbo, molibdénio e estanho. Na maioria dos casos, os depósitos de *skarn* são pequenos em comparação com outros depósitos metalíferos. Contudo, ao

contrário do que sucede com os restantes metais referidos, os *skarns* constituem uma das principais fontes de tungsténio à escala mundial.

Com efeito, grande parte da produção de W é feita a partir de depósitos de *exoskarns* cálcicos, normalmente associados a intrusões granitoides calco-alcalinas. Os minerais metálicos mais comuns nestes *skarns* são a scheelite, a molibdenite, a calcopirite, a pirrotite e a pirite, e os depósitos em que eles se encontram variam tipicamente entre 0.1 e 2 Mt (Evans, 1993). O maior depósito conhecido deste tipo é o de Shizhuyuan, na região de Hunan, na China, o qual contém mais de 1 Mt de tungsténio.

Os maiores depósitos de *skarns* mineralizados, chegando a atingir 200 Mt, são *exoskarns* cálcicos de cobre, *exoskarns* cálcicos de ferro e *exoskarns* magnesianos de ferro, embora, como referido acima, estejam longe dos volumes dos maiores jazigos de Cu e Fe. No caso dos *skarns* cupríferos, destaca-se o depósito de Twin Buttes, no Arizona (EUA), enquanto para os *exoskarns* cálcicos de ferro é de salientar o de Sarbai, no Cazaquistão, e para os *exoskarns* magnesianos de ferro sobressai o de Sherogesh, na antiga URSS (Evans, 1993). Os depósitos de Zn-Pb, Mo e Sn, por seu turno, variam normalmente entre 0.1 e 3 Mt.

Há ainda outros metais que podem ter interesse económico nalguns *skarns*, como sucede com o ouro e a prata, obtidos como sub-produtos da exploração de depósitos cupríferos.

2.3 Tungsténio: caraterísticas e aplicações

O tungsténio é o elemento químico com o símbolo W e o seu número atómico é 74. Foi descoberto em 1781 e isolado como metal pela primeira vez em 1783. Os minérios de tungsténio mais importantes são a volframite e a scheelite. O elemento é notável pela sua dureza e pelo facto de possuir o ponto de fusão mais alto de todos os metais puros (3422°C). Apresenta ainda uma elevada densidade (19.3g/cm³), comparável com a do ouro. A sua principal utilização é como componente na produção de ligas e superligas metálicas (Lassner, 1999).

2.3.1 História

A primeira referência ao tungsténio remonta ao século XVI. Os mineiros que extraíam um minério de estanho, nos Montes Metalíferos, entre a Alemanha e a atual República Checa, diziam que o mineral de estanho vinha sempre acompanhado por um outro mineral, o que reduzia o rendimento da extração. Em 1761, Johann Gottlob Lehmann conseguiu, pela primeira vez, fundir cristais puros de volframite em nitrato de sódio. Peter Woulfe, em 1779, propôs a existência de um novo metal, designado tungsténio pela primeira vez. Em 1781, Carl Wilhelm Scheele, a partir da scheelite, descobriu o ácido túngstico. Scheele e Torbern Berdman previram que poderia ser possível obter um novo metal por meio da redução deste ácido. Em 1783, Juan José e Fausto Delhuyar descobriram um ácido obtido da volframite que era idêntico ao ácido túngstico. Mais tarde nesse ano, conseguiram isolar o tungsténio, sendo-lhe creditada a descoberta deste elemento em 1783 (Stevens, 1999).

Durante a 2ª Guerra Mundial (1939-1945), o tungsténio assumiu grande importância. Como principal produtor europeu deste elemento, Portugal sofreu diversas pressões, quer pelo regime nazi, quer pelos aliados. Isto porque o W apresenta características físicas e químicas que o tornaram importante para a indústria bélica (Stevens, 1999).

2.3.2 Caraterísticas

2.3.2.1 Propriedades do tungsténio

O tungsténio apresenta diversas propriedades químicas que lhe conferem um grande valor e interesse. Destacam-se (Lassner, 1999):

- Ponto de fusão mais alto de todos os metais (3422°C);
- Ponto de ebulição de 5555°C ;
- Maior resistência à tração de todos os metais;
- Menor coeficiente de expansão térmica de todos os metais.

2.3.2.2 Propriedades químicas

O estado de oxidação mais comum do tungsténio é o de 6+, podendo exibir estados de oxidação desde 2- até 6+. Este elemento tem tendência a constituir associações com o oxigénio, podendo formar-se iões de tungstatos (WO_4^{2-}), solúveis em soluções salinas. Podem também ser produzidos, artificialmente, carbonetos de tungsténio (W_2C e WC). O W_2C é resistente ao ataque químico, mas reage muito fortemente com o cloro, formando o hexacloreto de tungsténio (WCl_6) (Lassner, 1999).

O trióxido de tungsténio (WO_3) pode formar compostos com metais alcalinos que são conhecidos como compostos de intercalação. Estes compostos são também chamados de bronzes, de que é exemplo o bronze de sódio-tungsténio.

2.3.2.3 Isótopos

Na natureza, o tungsténio ocorre em cinco isótopos, cujas meias vidas são tão longas que se pode considerar que são estáveis (entre $8,3 \times 10^{18}$ e 27×10^{18} anos). Teoricamente, esses isótopos deverão decair para o elemento 72 (háfnio) por emissão alfa.

Foram ainda produzidos 30 radioisótopos artificiais de tungsténio em que o mais estável (^{181}W) tem um tempo de meia vida de 121,2 dias (Kelly & Rye, 1979).

2.3.2.4 Ação biológica

O tungsténio é o elemento químico com maior massa a ser biologicamente funcional. Com efeito, existem bactérias que o empregam em enzimas como as oxirredutases. Tipicamente, estas enzimas reduzem ácidos carboxílicos a aldeídos, mas podem também catalisar oxidações (Dockal, 2012).

2.3.3 Aplicações

O tungsténio é, em grande parte, usado para a produção de materiais duros, como carbonetos de tungsténio e para a criação de ligas e aços. Menos de 10% do tungsténio é usado para a produção de compostos químicos (Lassner, 1999).

2.3.3.1 Materiais duros

Os materiais duros de tungsténio são baseados no carboneto de tungsténio (WC). Este apresenta as seguintes características e aplicações:

- É uma das substâncias mais duras e tem um ponto de fusão de 3422°C.
- É um bom condutor da corrente elétrica.
- Pode ser usado no fabrico de abrasivos, ferramentas de corte e em lâminas de perfuração, assim como no fabrico de serras circulares, ferramentas de fresadoras, tornos mecânicos e na transformação de madeira, mineração e petróleo.

Todas estas aplicações despendem cerca de 60% do consumo atual de tungsténio. Na indústria da joalharia existem anéis que são feitos de carboneto de tungsténio e de tungsténio metálico. Os anéis feitos de carboneto de tungsténio e devido a sua grande dureza e a sua grande resistência a abrasão conseguem manter um acabamento brilhante por muito mais tempo, mas podem fissurar com um impacto forte (Chiaverini, 1984).

2.3.3.2. Ligas

O tungsténio, devido às suas características físicas, é usado para a obtenção de ligas densas. Como por exemplo, o aço rápido, que contém cerca de 18% de tungsténio e as superligas como Hastelloy e Estelite, que são usadas em turbinas (Bodger, et al, 1997).

2.3.3.3 Armamento

Na indústria do armamento, o tungsténio, juntamente com níquel, ferro e cobalto formam ligas pesadas, que são usadas em penetradores por energia cinética. Estas ligas vieram substituir o urânio empobrecido, devido a preocupações ambientais e são usadas em munições de armas ligeiras, para penetrar as proteções pessoais. As ligas de tungsténio são também usadas em granadas e mísseis, de modo a criar estilhaços supersónicos.

2.3.3.4 Aplicações químicas

Graças às suas propriedades o tungsténio tem diversas aplicações químicas(Hammond, 2004):

- O sulfureto de tungsténio é usado como um lubrificante de alta temperatura na indústria petroquímica.
- Os óxidos têm aplicações em esmaltes cerâmicos.
- Tungstatos de cálcio/magnésio são muito utilizados em lâmpadas fluorescentes.

2.3.3.5 Eletrónica

Devido às suas características físicas singulares, o tungsténio é usado (DeGarmo, 1979):

- Em filamentos de lâmpadas, tubos de raios catódicos e válvulas termiónicas.
- Em elétrodos e microscópios eletrónicos, devido às suas propriedades condutoras e relativa inércia química.
- Como material de interligações em circuitos integrados.
- Como alvo em tubos de raios-X.
- E para criar uma blindagem que bloqueia radiações de alta energia.

2.3.3.6 Outros usos

Como provado anteriormente, o tungsténio apresenta vários usos. Existem, no entanto, outros exemplos de aplicações deste elemento(Lassner, 1999):

- Devido à sua alta densidade é usado em lastros, em particular quando é importante que ocupe um pequeno volume, como nos lastros de quilha para iates, nas caudas de aviões comerciais e em carros de corrida da NASCAR e da Fórmula 1.
- Cristais de tungstato de chumbo, de grande pureza, são usados como cintiladores, que são detetores de radiação, no novo acelerador de partículas do CERN “Large Hadron Collider”.
- Ligas de alta densidade que incluem tungsténio juntamente com ferro, cobre ou níquel são usadas para construir dardos de alta qualidade ou, por exemplo, iscas artificiais.

2.3.4 Ocorrência e produção

O tungsténio é encontrado em minerais como a volframite, que é um tungstato de ferro-manganês [fesberite- (FeWO_4), hubnerite- (MnWO_4)]; a scheelite, que é um tungstato de cálcio (CaWO_4); e a stolzite (PbWO_4). Os principais depósitos destes minerais encontram-se na Bolívia, na Califórnia e no Colorado, na China, na Áustria, em Portugal (nas Minas da Panasqueira), na Rússia e na Coreia do Sul. De todos estes depósitos, o principal produtor de tungsténio é a China, com 75% da produção mundial, ficando Portugal com 1% da produção mundial. Em 2008, a produção mundial de concentrado de tungsténio foi de 62 200 toneladas.

O tungsténio pode ser extraído de várias formas. Geralmente, o minério é convertido em óxido de tungsténio, que é aquecido com hidrogénio ou carbono para produzir pó de tungsténio. Outra forma de ser extraído é pela redução de hexafluoreto de tungsténio com hidrogénio (Saunders, 2004).

3. Cartografia e Petrografia da Área de Poço do Canto

A área definida pela empresa Colt Resources para a realização de trabalho de cartografia - Poço do Canto - pertence à concessão de Armamar - Mêda. Aqui o principal metal de interesse é o W. Foi realizada cartografia geológica essencialmente com o fim de identificar e delimitar exatamente os corpos de *skarns* e perceber o seu enquadramento na estrutura geológica da zona. Foram colhidas amostras de rocha para uma caracterização petrográfica, que se apresentará neste capítulo, das principais litologias aflorantes. Foram também colhidas amostras de solos para análise, sendo os respetivos resultados discutidos no capítulo dedicado à geoquímica.

A zona estudada corresponde a um rectângulo cujos vértices têm as seguintes coordenadas UTM, na zona 29T: a) $647535E / 4539760N$; b) $649206E / 4539760N$; c) $647535E / 4538607N$ d) $649206E / 4538607N$. Esta zona faz parte da área abrangida pela Folha 15-A (Vila Nova de Foz Côa) da Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50000 (Silva & Ribeiro, 1991).

3.1 Trabalhos precursores

Na zona de Poço do Canto, as litologias pertencem à Formação de Rio Pinhão, assim chamada já que os seus melhores afloramentos ocorrem nas margens do referido curso de água. Esta formação é interpretada como a base da unidade alóctone do Grupo do Douro (Silva & Ribeiro, 1985) e é considerada o equivalente lateral do topo da Formação de Bateiras, facto corroborado pelas transições de fácies e respetivas equivalências que foram observadas no setor noroeste da área da Folha 15-A, entre os vales do rio Tordo e da ribeira de Teja, e as povoações de Sebadelhe, Poço do Canto e Fonte Longa (Silva & Ribeiro, 1985; Silva & Ribeiro, 1991). De acordo com Silva & Ribeiro (1991), os metaturbiditos da Formação de Bateiras corresponderiam a uma fácies distal, enquanto os da Formação de Rio Pinhão teriam uma origem mais proximal.

A Formação de Rio Pinhão apresenta essencialmente, segundo os autores acima citados, uma sucessão de bancadas centimétricas de metagrauvaques e/ou metaquartzovaques, alternando com intercalações finas de filitos, frequentemente grafitosos. São abundantes níveis de composição calcossilicatada. Nesta formação ocorrem ainda níveis de metaconglomerados que passam gradualmente a metagrauvaques, sendo

observável estratificação gradada positiva, bem como outras estruturas sedimentares (Sousa, 1982).

A Formação de Rio Pinhão é discordante em relação às formações de Bateiras e Ervedosa do Douro, sobrepondo-se-lhes através de carreamentos sin-sedimentares inferidos (Silva & Ribeiro, 1991).

Em contrapartida, a passagem à Formação de Pinhão, que está suprajacente, é normalmente estratigráfica, evidenciando-se uma diminuição da importância dos metagrauwauques e o aparecimento de metapelitos cloríticos.

Apesar de, na área de Poço do Canto, só aflorarem metassedimentos da Formação de Rio Pinhão, julga-se que, devido à proximidade do granito de Mêda, à sua dimensão e ao facto de ele poder ter sido uma importante fonte de calor e fluidos, é relevante fazer uma referência a esse granito.

O granito de Mêda, descrito por Silva & Ribeiro (1991), é uma das intrusões variscas instaladas no núcleo do antiforma de Lamego-Penedono-Escalhão. Este granito ocorre nos dois lados da falha da Vilariça (a qual passa cerca de 5 km a leste da área de Poço do Canto) e ocupa uma extensa parte do setor sul da área da Folha 15-A. Trata-se de uma litologia que se apresenta bastante homogénea, exceto nas proximidades de Vilar de Amargo, apresentando aí xenólitos do granodiorito de Chãs. O granito de Mêda caracteriza-se por apresentar cor cinzenta, ter grão médio e ser de duas micas, embora possa ocorrer localmente um predomínio de biotite. Em alguns locais como, por exemplo, nos vales do rio Côa, quando contacta com as formações metassedimentares, apresenta uma alteração na granularidade, ficando mais fino

Microscopicamente, este granito caracteriza-se por (Silva & Ribeiro, 1991):

- textura hipautomórfica granular e certa fraturação com suturação dos limites dos grãos;
- abundância de quartzo intergranular;
- presença de albite e ortose, em megacristais, e albite-oligoclase e microclina, na matriz;
- existência de biotite que, pode apresentar-se alterada para clorite;
- presença de apatite, zircão e óxidos de ferro como minerais acessórios. Ainda de acordo com os autores da Folha 15-A, o granito de Mêda é referido como um dos mais

antigos da área, sendo considerado sintectónico relativamente à F3 varisca, visto apresentar uma textura planolinar, se bem que incipiente.

Quanto à estruturação tectónica da área da folha de Vila Nova de Foz Côa, Silva & Ribeiro (1985) e Silva & Ribeiro (1991) referem a importância da primeira fase de deformação varisca, a qual terá gerado dobramento com planos axiais subverticais de direcção WNW-ESE, acompanhado da formação de uma clivagem pouco marcada nas zonas de mais baixo grau ou de uma verdadeira xistosidade nas zonas de temperaturas metamórficas mais elevadas. A segunda fase manifesta-se nalguns domínios através de dobras vergentes para NE, a que se associa clivagem de crenulação. Quanto à terceira fase varisca, ela deu origem a dobras que, tal como as da primeira fase, têm planos axiais subverticais de direcção WNW-ESE; esta fase gerou clivagem de crenulação.

Sublinhe-se que, anteriormente à deformação varisca, já tinham tido lugar carreamentos e dobramentos de idade sarda, os quais são contudo considerados sin-sedimentares, não tendo gerado clivagem ou outro “fabric” tectónico.

Quanto ao metamorfismo regional na área abrangida pela Folha 15-A, as associações mineralógicas indicam um incremento da temperatura de norte para sul, ou seja, no sentido da aproximação em relação ao núcleo (ocupado por granitoides) do antiforma de Lamego-Penedono-Escalhão (Ribeiro & Mendes, 1991). Assim, a norte, são características as zonas metamórficas da clorite e da biotite. Contudo, estando a zona de Poço do Canto no setor sul, a cerca de 2 km do contacto com o granito de Mêda, situa-se na área assinalada por Ribeiro & Mendes (1991) como pertencendo à zona de estaurolite-andaluzite. Essas autoras consideram que a blastese de estaurolite terá sido mais precoce (ainda durante F2), enquanto a de andaluzite terá ocorrido predominantemente durante a F3 varisca.

3.2 Cartografia dos corpos de *skarns* na área de Poço do Canto

No âmbito dos trabalhos de prospeção que a Colt Resources está a efetuar na concessão de Armamar-Mêda, foi decidido que se levasse a cabo a cartografia, a uma grande escala, dos corpos de *skarns* na área de Poço do Canto, visto que a carta geológica de Vila Nova de Foz Côa (Folha 15-A da Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50000)

não tem o detalhe que a empresa pretendia, nomeadamente no que respeita à localização dos referidos corpos naquela área restrita.

Os *skarns* estão intercalados em metapelitos, os quais são esmagadoramente dominantes. Como referido na secção anterior, estas litologias metassedimentares pertencem à Formação de Rio Pinhão.

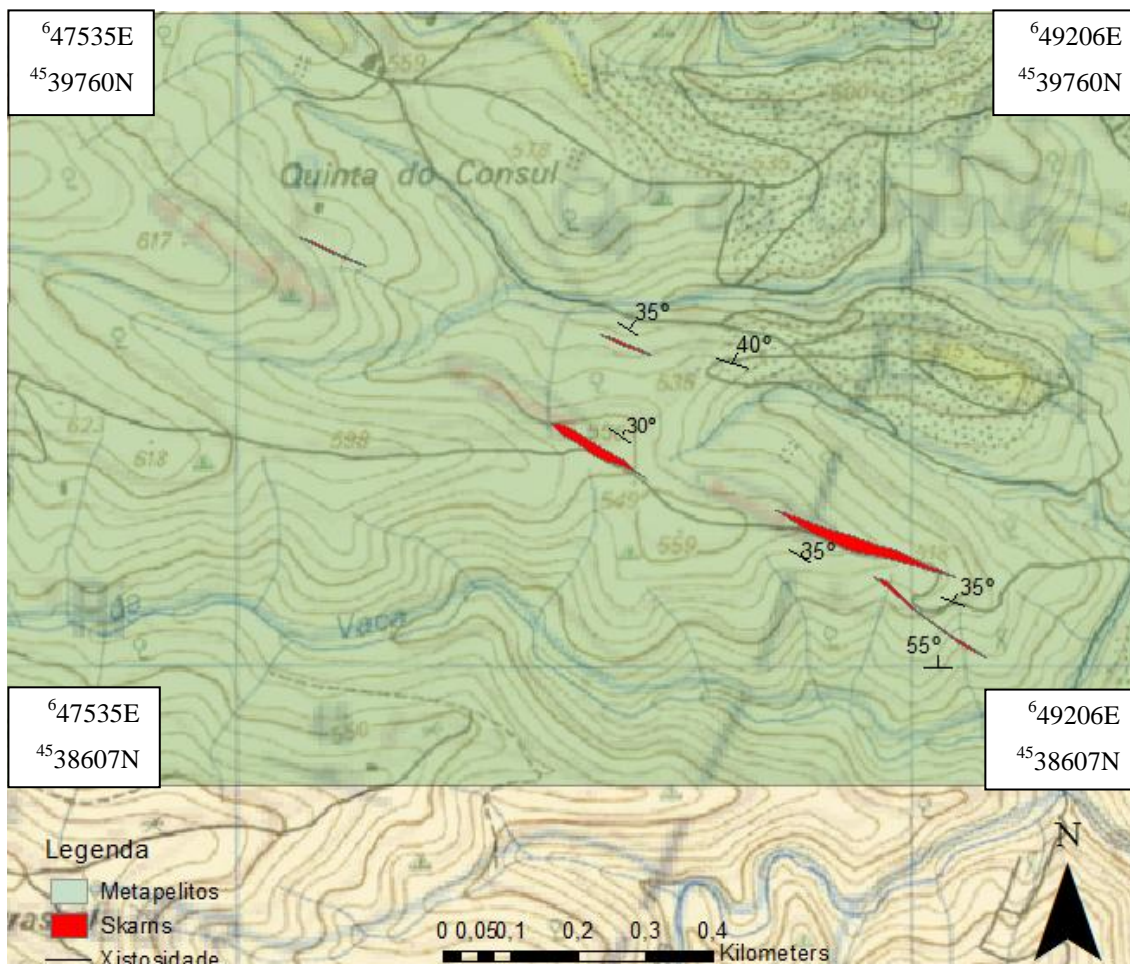


Figura 11 - Mapa de pormenor dos corpos de *skarns* da área de Poço de Canto. Em fundo, pode-se observar quer a base topográfica quer a localização indicada para aqueles corpos na carta geológica à escala 1/50000.

Do trabalho de campo levado a cabo para este trabalho, resultou uma localização dos corpos de *skarns* que não coincide exatamente com o que estava assinalado na carta à escala 1/50000 (Fig. 11). Além disso, a maior pormenorização agora apresentada também permite, por um lado, ter uma ideia mais realista da extensão, em afloramento, dos referidos corpos e, por outro lado, assinalar corpos muito finos (pelo menos no actual nível

de erosão). Estes corpos parecem ter forma lenticular e a dimensão máxima, no maior deles, pouco vai além dos 200 m, em afloramento. A espessura máxima, também em afloramento, não parece atingir os 30 m, mesmo no corpo maior.

Em termos estruturais, confirmou-se aquilo que já era representado na carta de Vila Nova de Foz Côa (Silva & Ribeiro, 1991), nomeadamente quanto à orientação WNW-ESE dos corpos de *skarns* e ao seu paralelismo em relação à xistosidade mais penetrativa (que, correlacionando com a informação geral da Folha 15-A, deverá ser a S3). Os valores e os sentidos da inclinação da xistosidade que foram obtidos durante o levantamento realizado para este trabalho são os expectáveis: apesar de, na carta à escala 1/50000, não estar assinalada nenhuma atitude de xistosidade na área agora cartografada em pormenor, os resultados apresentados para as áreas mais próximas revelam que ela inclina para NE, com valores entre 30° e 60°, à semelhança do que foi obtido agora (Fig. 11). O referido sentido da inclinação é consistente com o facto da área estudada se localizar no flanco setentrional do antiforma de Lamego-Penedono-Escalhão.

A descrição petrográfica das litologias aflorantes é feita nas secções seguintes deste capítulo. Foi também realizada uma campanha de amostragem de solos para análise química, cujos resultados são apresentados no capítulo 4. Os locais de amostragem estão assinalados na figura 75.

3.3 Petrografia

3.3.1 Estudo de amostras de *skarns*

Amostra SK1 (Figuras 12, 13 e 14)

Esta amostra apresenta, de uma maneira geral, uma textura poeciloblástica, visto que há grandes grãos de quartzo englobando numerosos blastos de outros minerais. Clinozoisite, anfíbola da série tremolite-actinolite e esfena têm presença relevante. Na lâmina, também são visíveis opacos e hidróxidos de ferro avermelhados. Alguns cristais de clinozoisite são euédricos e definem uma orientação preferencial, provavelmente testemunhando uma anisotropia tectónica. O quartzo é muito abundante, indicando uma forte silicificação, a presença de grande quantidade de inclusões fluídas em muitos dos cristais deste mineral aponta para que a sua formação se tenha devido, em grande parte, a fenómenos hidrotermais.



Figura 12 - Foto da talisca da lâmina SK1

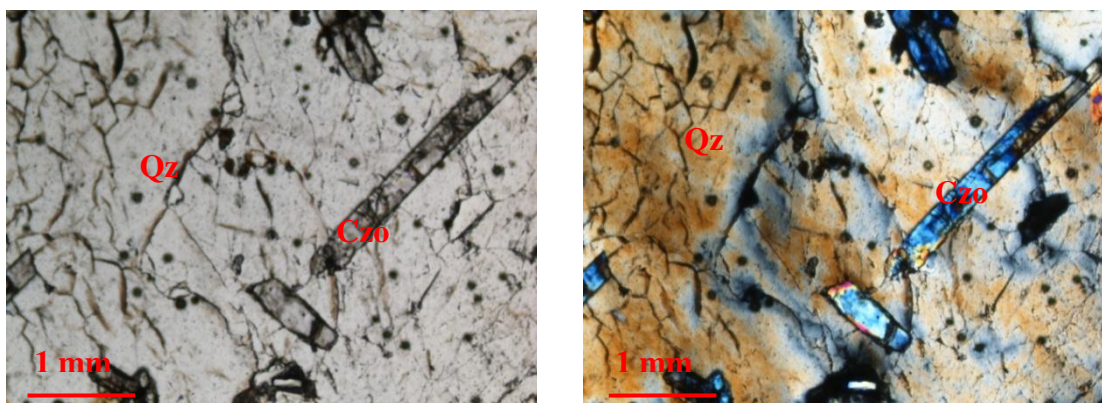


Figura 13 e 14 - Grãos idioblásticos e subidioblásticos de clinozoisite no interior de quartzo. A esquerda, nicois paralelos (NP); à direita, nicois cruzados (NC).

Amostra SK2 (Figuras 15, 16 e 17)

A amostra SK2 é constituída predominantemente por minerais do grupo do epídoto, quartzo, esfena e clinopiroxena. Quanto aos minerais do grupo do epídoto, parecem existir duas gerações: uma primeira geração, que é a largamente dominante, representada por grãos idioblásticos de clinozoisite, mostrando as típicas cores de polarização azuis anómalas, e uma segunda geração, de epídoto pistacítico, com grãos menores e de morfologia mais irregular, apresentando birrefrangência alta. A textura desta lâmina é essencialmente granonematoblástica, em que se nota uma anisotropia definida por grãos prismáticos, idio e subidioblásticos, de clinozoisite. Nalgumas zonas, certos blastos de clinopiroxena atingem dimensões significativamente superiores (chegando a ter cerca de 3 mm) às dos grãos envolventes (geralmente, em torno de 0,5 mm), pelo que, aí, a textura

revela tendência porfiroblástica. A piroxena é, provavelmente da série diópsido-hedembergite e deve ser um testemunho das condições de pico metamórfico. Durante o decréscimo de temperatura, após o clímax, muitos grãos de clinopiroxena ganharam um aspeto corroído, com substituição parcial por esfena, particularmente ao longo dos bordos.

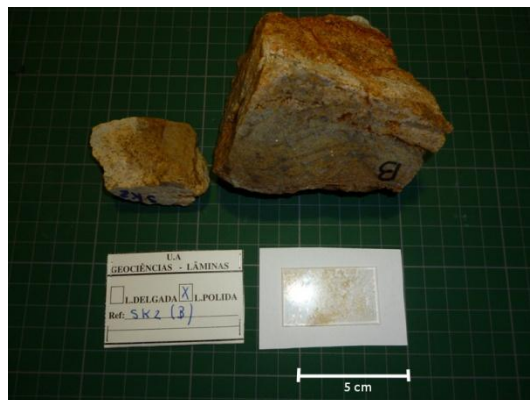


Figura 15 - Foto da talisca da lâmina SK2-B

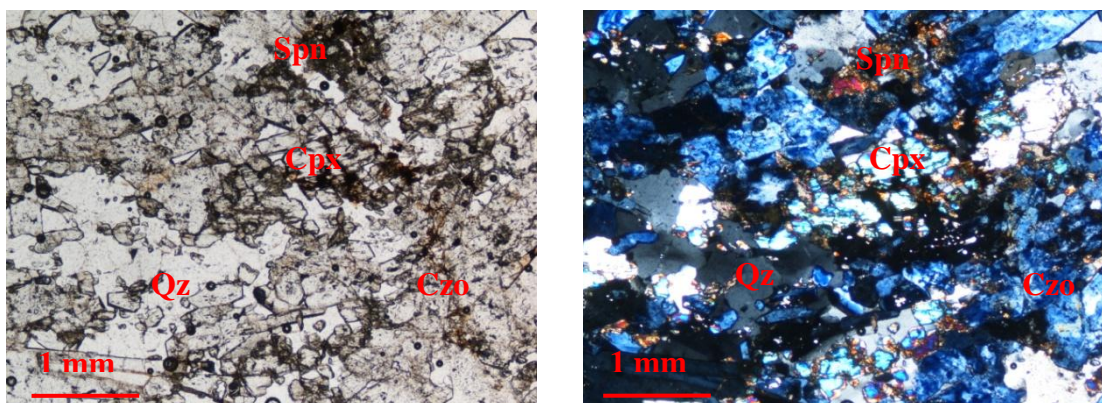


Figura 16 e17 - Aspeto geral da amostra SK2, vendo-se grãos de clinozoisite definindo a anisotropia tectónica. Outros minerais presentes: quartzo, clinopiroxena e esfena. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra SK4 (Figuras 18, 19, 20, 21 e 22)

A amostra SK4 é manifestamente heterógenea, representando o contacto entre dois níveis, pelo que foram feitas duas lâminas delgadas.

A lâmina SK4-A foi feita da zona mais escura da amostra. Apresenta, no geral, uma textura granoblástica. Os minerais mais importantes são os do grupo do epídoto (clinozoisite idioblástica e epídoto pistacítico em grãos subidioblásticos e xenoblásticos), quartzo, esfena, minerais do grupo das anfíbolas (horneblenda e tremolite-actinolite) e clinopiroxena. O quartzo, para além de se encontrar em coexistência e equilíbrio com os

restantes minerais, está também presente em veios, onde se caracteriza pela abundância de inclusões fluídas.



Figura 18 - Foto da talisca da lâmina SK4-A

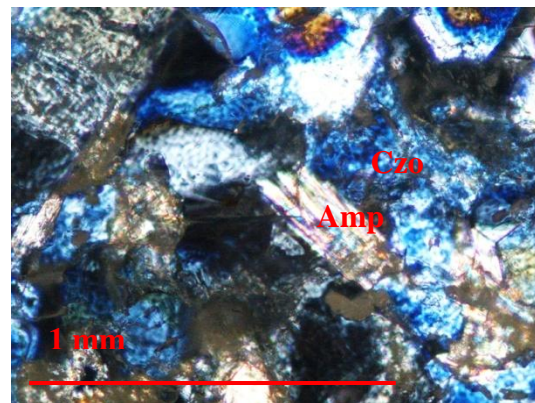
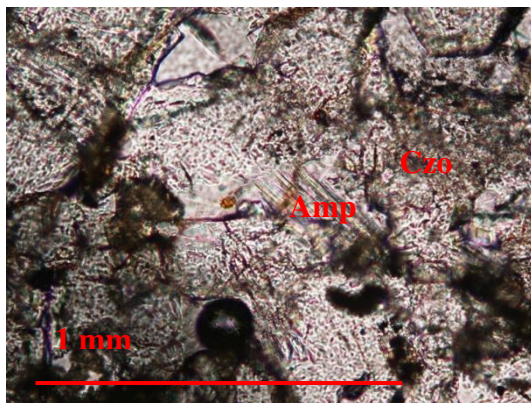


Figura 19 e 20 - Cristais de anfíbola da série tremolite-actinolite. À esquerda, NP; à direita NC.

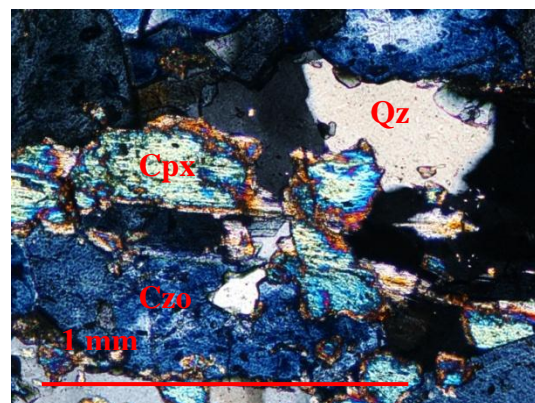
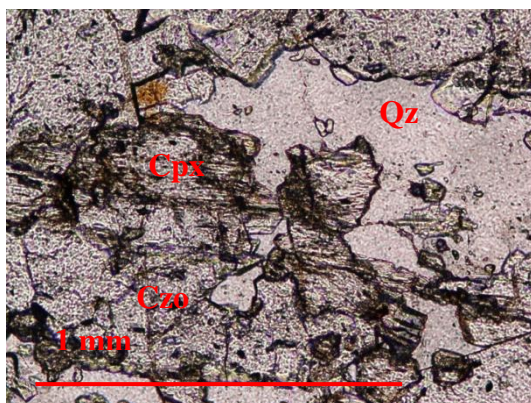


Figura 21 e 22 - Clinozoisite, clinopiroxena e quartzo. À esquerda, NP; à direita NC.

A partir da parte mais clara, foi obtida a amostra SK4-B, a qual apresenta, de um modo geral, uma textura granoblástica. Esta lâmina é composta predominantemente por

plagioclase muito sericitizada, epídoto e esfena. Localmente, há zonas ricas em anfíbola, a que se associam esfena e epídoto. Registam-se ainda outros minerais, como quartzo (muitas vezes, rico de inclusões fluídas), microclina e calcite (normalmente, em veios.)



Figura 23 - Foto da talisca da lâmina SK4-B

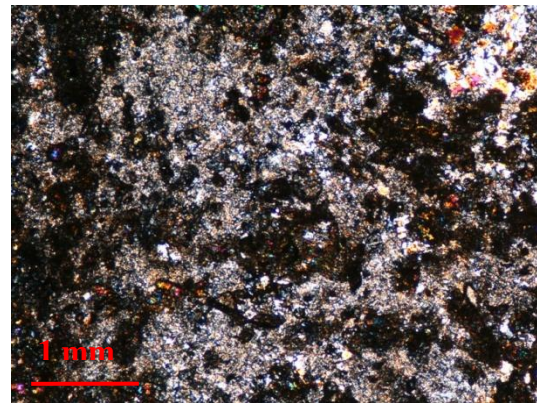
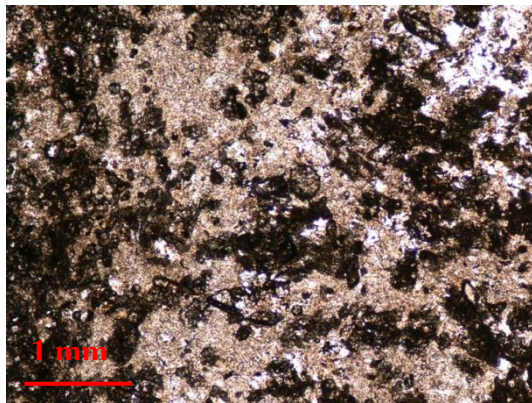


Figura 24 e 25 - Plagioclase intensamente sericitizada/ saussuritizada. À esquerda, NP; à direita NC

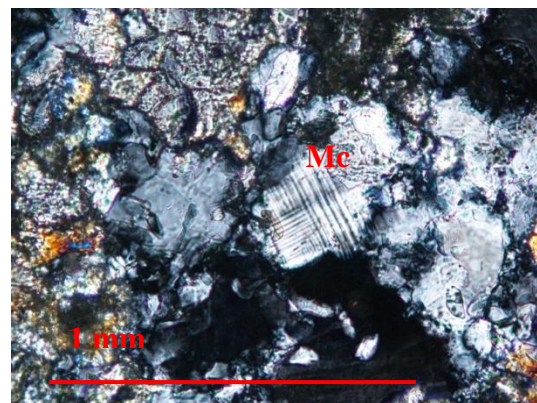
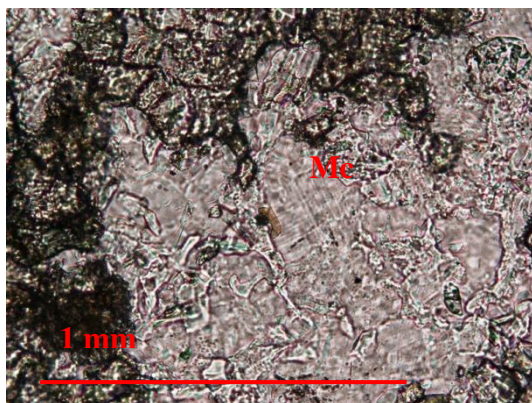


Figura 26 e 27 - Cristal de microclina ao centro. À esquerda, NP; à direita NC

Amostra SK6 (Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33)

Desta amostra também foram feitas duas lâminas, mas, agora, unicamente para se poder observar melhor vários aspetos texturais e micro-estruturais e não por ela evidenciar heterogeneidade composicional. Deste modo, será apresentada uma única descrição.

Esta amostra apresenta uma textura granonematoblástica, sendo os domínios nematoblásticos caracterizados pela abundância de anfíbola da série tremolite- actinolite, de hábito acicular, geralmente acompanhada de clinozoisite. Nos domínios granoblásticos predomina a plagioclase habitualmente muito saussuritizada, ou seja, intensamente transformada em associações de sericite, epídoto e esfena granulosa. A clorite é observada em pequena proporção. Pontualmente, observam-se relíquias de clinopiroxena cálcica, provavelmente da série diópsido-hedembergite, preservadas no seio de anfíbola, epídoto e óxidos e hidróxidos férricos avermelhados.

Do ponto de vista micro-estrutural estão claramente registadas duas fases de deformação, visto que a preservação de algumas charneiras de dobras testemunha que a anisotropia mais penetrativa (que deverá corresponder à S3 regional, de acordo com trabalhos anteriores) resulta da transposição de uma xistosidade pré-existente. Essas charneiras estão preservadas sob a forma de arcos poligonais, na maior parte dos casos formados por tremolite-actinolite, embora também se tenham observado alguns definidos por clorite.



Figura 28 - Foto da talisca da lâmina SK6-A

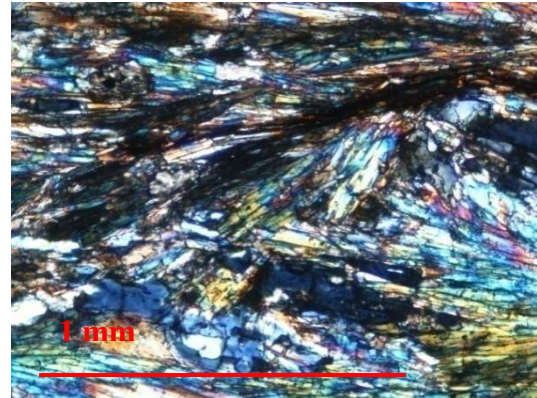
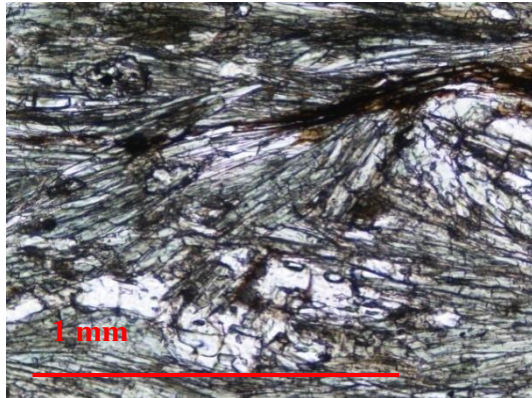


Figura 29 e 30 - Charneira de dobra, preservada como arco poligonal definido por anfíbola (tremolite-actinolite). À esquerda, NP; à direita NC



Figura 31 – Foto da taliska da lâmina SK6-B

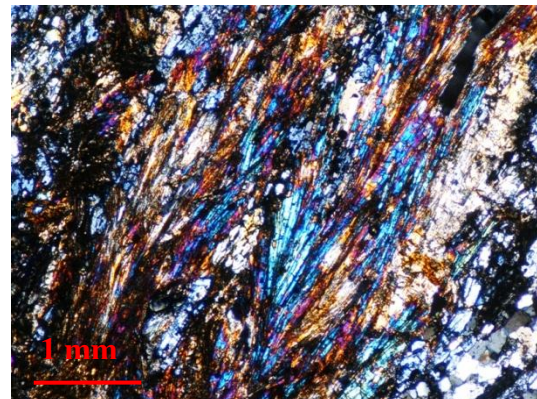
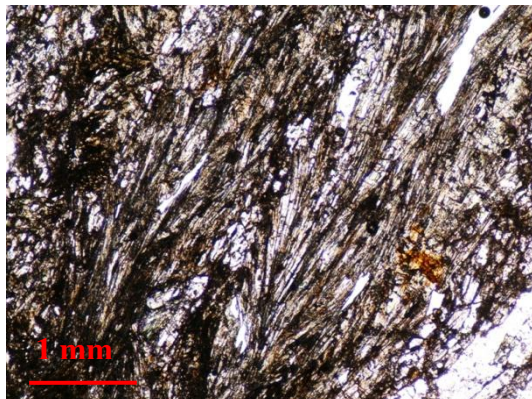


Figura 32 e 33 - Charneira de dobra, preservada como arco poligonal definido por anfíbola (tremolite-actinolite). À esquerda, NP; à direita NC

Amostra SK7 (Figuras 34, 35, 36, 37, 38, 39 e 40)

A composição mineralógica desta amostra é muito variada, registando-se a presença de minerais do grupo do epídoto (clinozoisite, mas também epídoto mais pistacítico), plagioclase (sericitizada e saussuritizada), tremolite-actinolite, esfena, quartzo, escapolite, volastonite e relíquias de clinopiroxena, bem como zonas de alteração oxidante com óxidos e hidróxidos férricos. Foi possível observar um grão de scheelite, sendo SK7 a única amostra em que este volframato foi encontrado. Em nenhuma das restantes amostras, nem por estudo petrográfico nem pela observação sob radiação ultravioleta, se identificou scheelite. Em lâmina delgada, as características mais salientes do grão de scheelite observado são apresentar-se quase incolor, ter cores de polarização de 3ª ordem e o relevo ser muito alto (mais alto do que o da clinopiroxena, com a qual, à primeira vista, poderia ser confundido). Esse grão tem limites irregulares e está rodeado em quase todo o seu contorno por esfena granulosa, sugerindo tratar-se de relíquia.

Nesta amostra, há uma alternância de domínios muito ricos de clinozoisite com outros em que a importância desse mineral é muito menor, passando a ser dominantes a plagioclase (sericitizada e saussuritizada, como já referido), a anfíbola, a esfena e o quartzo. Os restantes minerais referidos acima também são mais comuns nestes últimos domínios. A textura dominante é granoblástica, embora quer a alternância de domínios quer a existência comum de agregados alongados de grãos de um determinado mineral (em particular, esfena, clinozoisite ou plagioclase) pareça testemunhar a herança de anisotropias prévias. Cristais aciculares de tremolite-actinolite formam, por vezes, conjuntos fasciculares, geralmente acompanhados de intensa oxidação.



Figura 34 - Foto da talisca da lâmina SK7

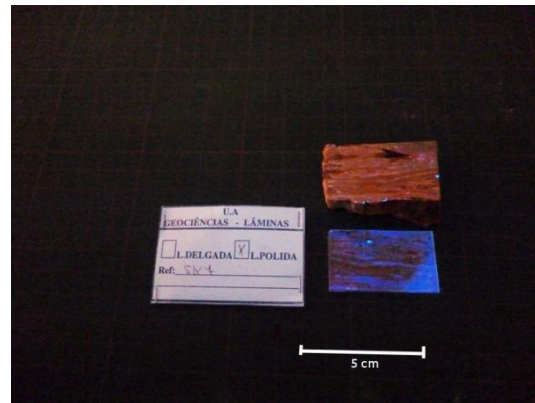
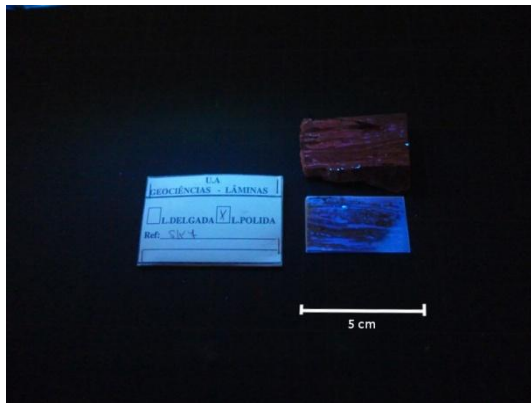


Figura 35 e 36 - Foto da talisca da lâmina SK7 à luz ultravioleta- a e b, respectivamente. O ponto azul a brilhar na lâmina é um grão de scheelite.

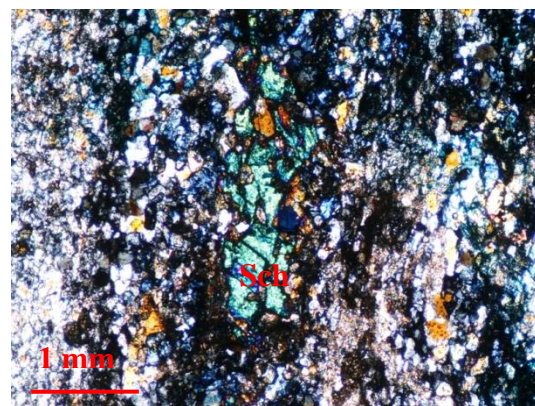
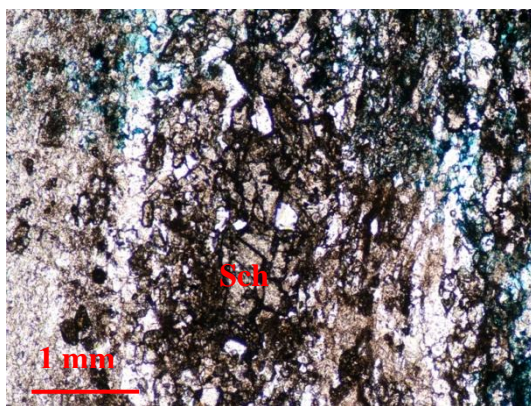


Figura 37 e 38 - Grão de scheelite, rodeado por matriz com grande abundância de clinozoisite, plagioclase sericitizada, esfena e quartzo. À esquerda, NP; à direita NC.

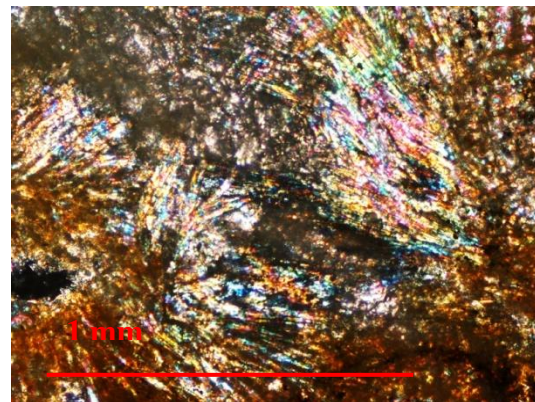
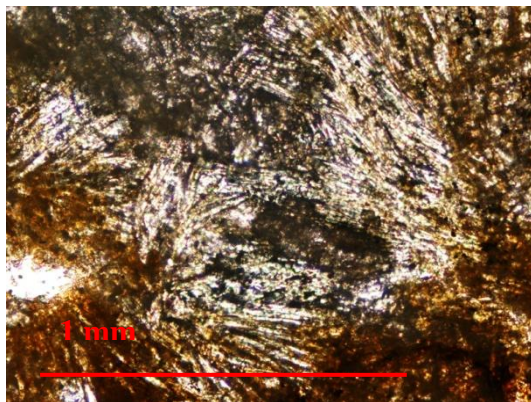


Figura 39 e 40 - Agregados fasciculares de tremolite-actinolite, acompanhada de esfena e com intensa oxidação. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra CS2 (Figuras 41, 42 e 43)

Esta amostra apresenta uma charneira de dobra facilmente observável a olho nu. Mineralogicamente é constituída por quartzo, esfena, epídoto, plagioclase e óxidos e hidróxidos de ferro. A textura é granoblástica na zona axial da dobra, passando a granonematoblástica nos flancos. Nestes setores, a anisotropia é definida por grãos alongados subidiolásticos de epídoto. Nota-se uma alternância de níveis ricos em esfena com outros em que esse mineral é menos abundante.



Figura 41 - Dobra visível na lâmina CS2, a olho nu.

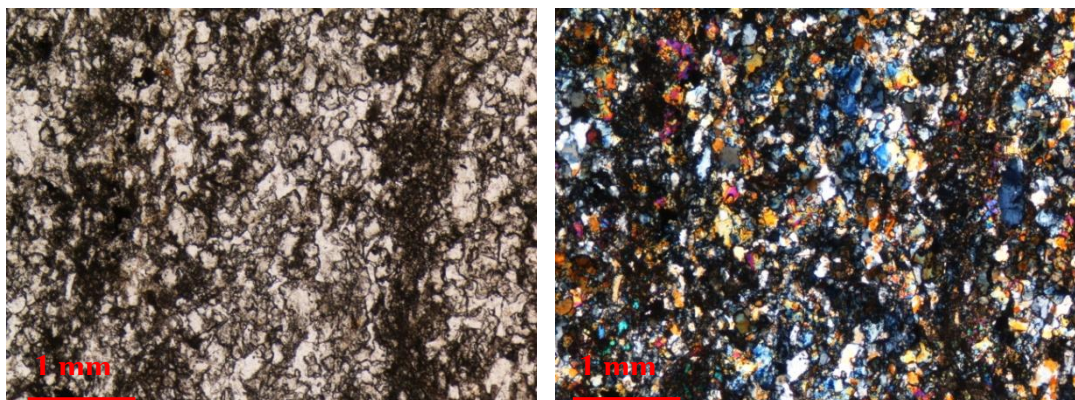


Figura 42 e 43 - Alternância de níveis ricos em esfena (mais escuros) com níveis pobres nesse mineral. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra CS3 (Figuras 44, 45 e 46)

A composição mineralógica desta lâmina caracteriza-se pela presença de minerais do grupo do epídoto (clinozoisite mas também epídoto pistacítico), anfíbola da série tremolite-actinolite, quartzo, clorite, esfena e micas brancas. Nalgumas zonas, registou-se forte alteração oxidante com formação de óxidos e hidróxidos de ferro avermelhados. Nesta lâmina, a textura dominante é granoblástica, embora, nalguns locais, se registe também textura fascicular, devido ao aspeto de certos agregados de anfíbola.



Figura 44 - Foto da talisca da lâmina CS3

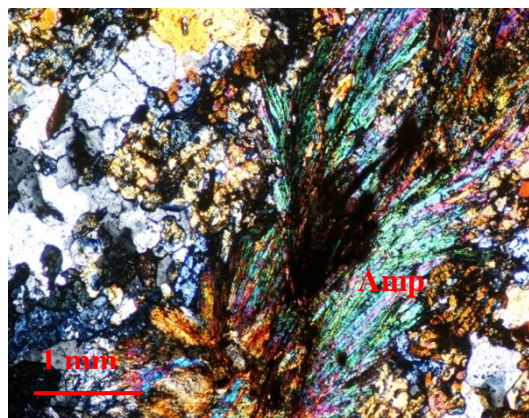
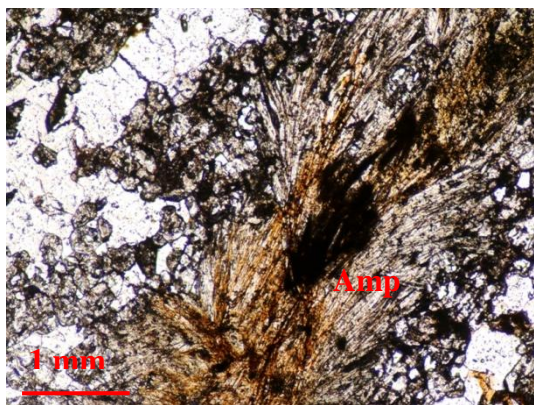


Figura 45 e 46 - Zona com anfíbola da série tremolite- actinolite constituindo feixes. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra CS5 (Figuras 47, 48, 49, 50, 51, 52 e 53)

A amostra CS5 é heterógena, pelo que foram realizadas quatro lâminas delgadas para o seu estudo. Essa heterogeneidade corresponde à existência de zonas de composições mineralógicas diferentes que, provavelmente, resultam da intercalação, no

protólito, de níveis com abundância de carbonatos (agora com composições calcossilicatadas) e níveis predominantemente pelíticos. Além disso, nas zonas calcossilicatadas, o papel dos fluidos metamórficos a temperaturas baixas foi variável, pelo que se originaram diferenças mineralógicas no seu interior.

Os níveis pelíticos têm textura granolepidoblástica e, mineralogicamente apresentam quartzo, granada, biotite, moscovite e clorite.

Nos níveis calcossilicatados, distinguem-se, por um lado, zonas ricas de quartzo e plagioclase e, dentro destas, setores com clinopiroxena poiciloblástica e, por outro lado, zonas com largo predomínio de clinozoisite e esfena. A textura é também ela variável, entre granoblástica (setores com predomínio de quartzo e plagioclase), poicilogranoblástica (quando há presença de poicilablastos de clinopiroxena) e granonematoblástica (nas zonas ricas de clinozoisite, em que este mineral frequentemente aparece em grãos prismáticos dispostos segundo uma orientação preferencial).



Figura 47 - Foto da talisca da lâmina CS5



Figura 48 - Foto da talisca da lâmina CS5-Y

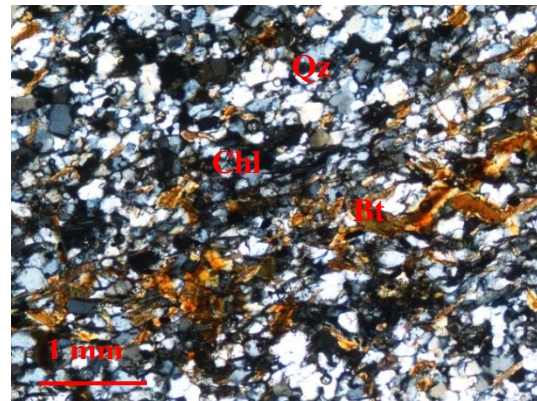
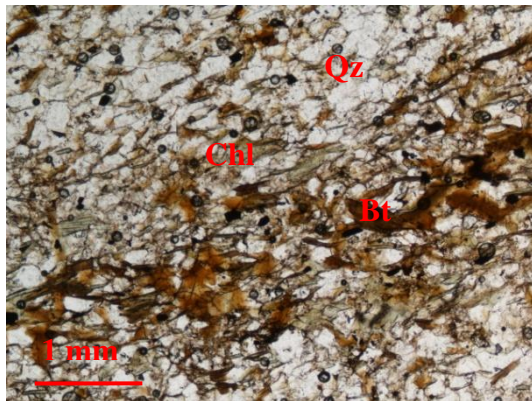


Figura 49 e 50 - Aspeto geral de nível pelito-psamítico. À esquerda, NP; à direita NC.



Figura 51 - Foto da talisca da lâmina CS5-X

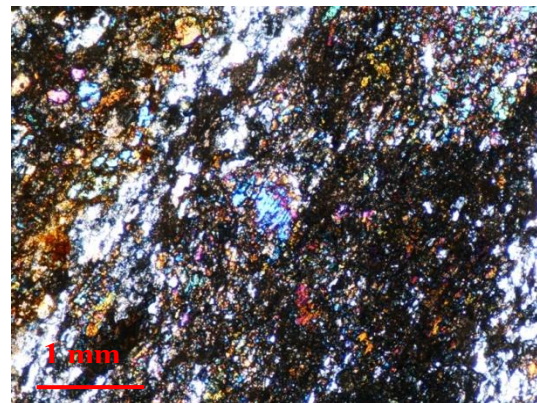
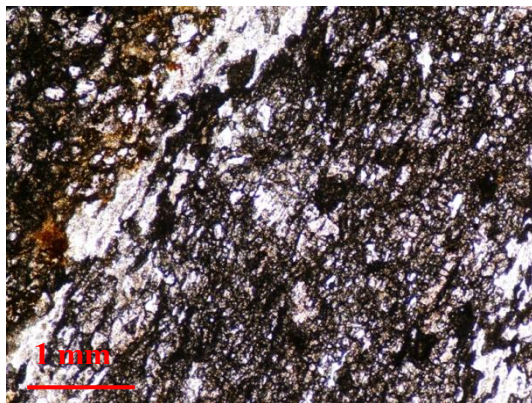


Figura 52 e 53 - Aspeto de zona com abundância de clinozoisite e esfena. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra CS7 (Figuras 54, 55 e 56)

Esta amostra apresenta diferentes zonas visíveis a olho nu, que poderão estar relacionadas com a variação local da importância dos fluidos durante o metamorfismo. Mineralogicamente, esta lâmina é constituída por quartzo, plagioclase, clinozoisite, esfena, anfíbola, granada, clorite e óxidos e hidróxidos de ferro. Nalguns setores, a granada aparece como poicilocristais. A diferença entre zonas é muito marcada pela variação da importância relativa de anfíbola, por um lado, e clinozoisite+esfena, por outro. A intensidade e o tipo de alteração também diferem entre setores. Como é habitual, as alterações mais comuns são a seritização da plagioclase e a existência de minerais férricos avermelhados.



Figura 54 - Foto da talisca da lâmina CS7

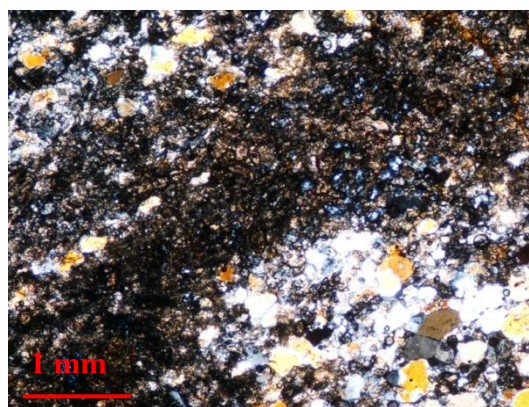
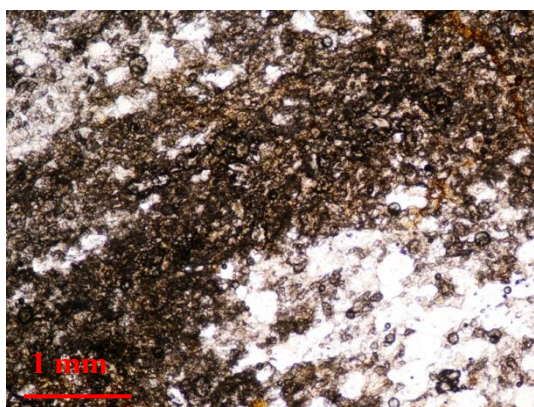


Figura 55 e 56 - Segundo a diagonal, vê-se uma zona muito rica de clinozoisite e esfena. No resto do campo de visão, predominam quartzo e plagioclase. À esquerda, NP; à direita NC.

3.3.2 Estudo de amostras de metapelitos

Amostra MP1 (Figura 57, 58 e 59)

Trata-se de um micaxisto com textura granolepidoblástica, em cuja composição mineralógica participam quartzo, biotite, moscovite, estaurolite, opacos e plagioclase. A estes adicionam-se óxidos e hidróxidos de ferro e clorite, abundantes nalguns setores, por vezes sugerindo que possam estar a substituir algum outro mineral (hipoteticamente cordierite, cuja presença, contudo, nunca foi confirmada). A anisotropia mais penetrativa é uma xistosidade de crenulação.



Figura 57 - Foto da talisca da lâmina MP1

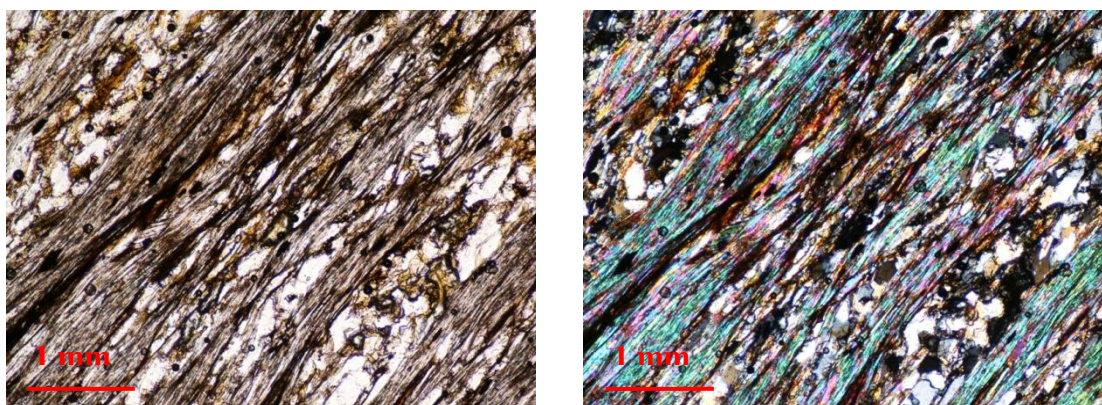


Figura 58 e 59 - Aspeto da textura granolepidoblástica. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra MP2 (Figura 60, 61 e 62)

Tal como a amostra anterior esta é também de micaxisto. A textura é essencialmente granolepidoblástica, embora se destaquem alguns porfiroblastos de granada. A associação mineralógica observada é formada por quartzo, biotite, moscovite, granada, opacos e plagioclase. A xistosidade mais penetrativa é a xistosidade de crenulação. Nesta lâmina as charneiras de dobras são visíveis, mas não tanto como noutros casos.



Figura 60 - Foto da talisca da lâmina MP2

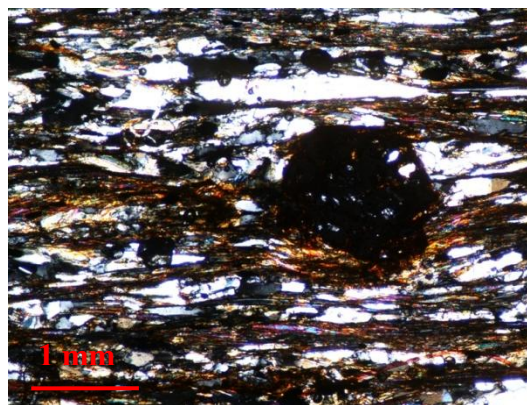
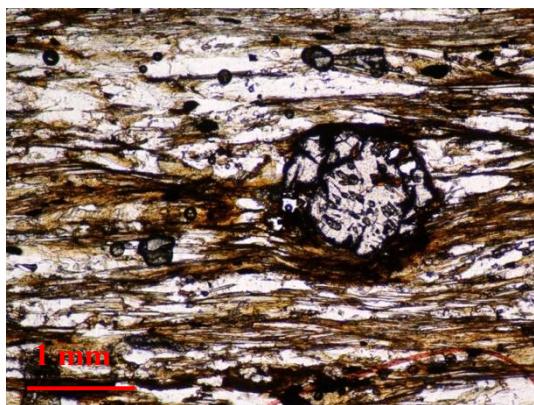


Figura 61 e 62 - Porfiroblasto de granada sobressaindo de matriz granolepidoblástica, com predomínio de quartzo, moscovite, biotite e opacos. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra MP3 (Figura 63, 64 e 65)

Trata-se mais uma vez de uma amostra com textura granolepidoblástica, embora, neste caso, haja uma separação mais nítida entre níveis (entre 0.5 e 1 mm de espessura) predominantemente granoblásticos, muito quartzosos, e lepidoblásticos, muito micáceos. A

granularidade é mais fina do que nas anteriores, pelo que poderá ser classificada como fítilo.

Mineralogicamente, é composta por quartzo, moscovite, opacos turmalina, granada e plagioclase.

Estes últimos, por vezes, aparecem associados de forma a sugerirem que poderão constituir pseudomorfos seguindo cordierite. Parte dos opacos manifesta-se como minúsculos grãos finamente dispersos, apontando para que possa existir grafite. Foi também notada a presença de alguma pirite oxidada, identificada ao microscópio pela sua forma quadrada, característica.

A anisotropia mais penetrativa é uma xistosidade de crenulação.



Figura 63 - Foto da talisca da lâmina MP3

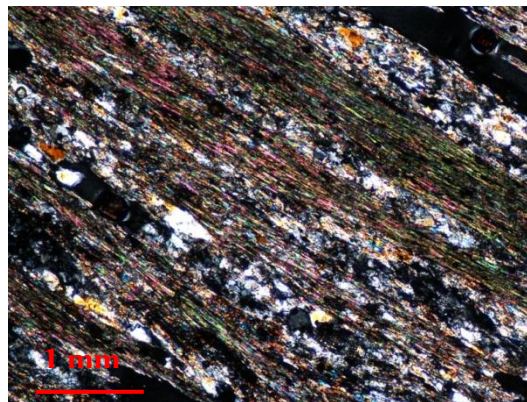
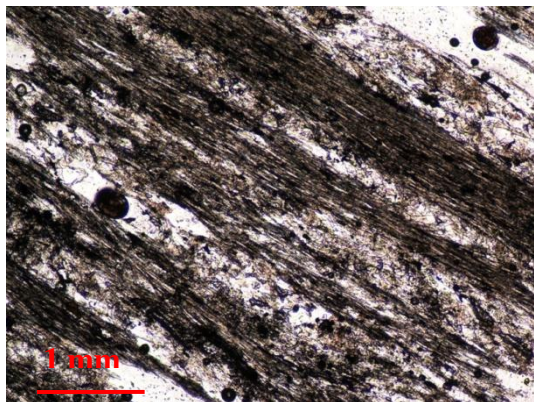


Figura 64 e 65 - S2 visível na lâmina. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra CS6 (Figura 66, 67 e 68)

A paragénesse desta amostra é constituída por quartzo, biotite, andaluzite, granada e opacos. Por vezes, regista-se alteração em esfena e óxidos e hidróxidos férricos. A

andaluzite e a granada são intersticiais e de tendência poicilítica. A textura varia entre a granolepidoblástica, nas zonas mais pobres de andaluzite e granada, e a poicilogranoblástica, onde os referidos minerais são mais abundantes e, em contrapartida, ocorre diminuição da abundância dos filossilicatos.



Figura 66 - Foto da talisca da lâmina CS6-A, onde os dois setores observáveis correspondem a uma zona de textura poicilogranoblástica e com pequena proporção de filossilicatos (parte superior), em contraste com uma zona de textura granolepidoblástica e com abundância de biotite e clorite (parte inferior).

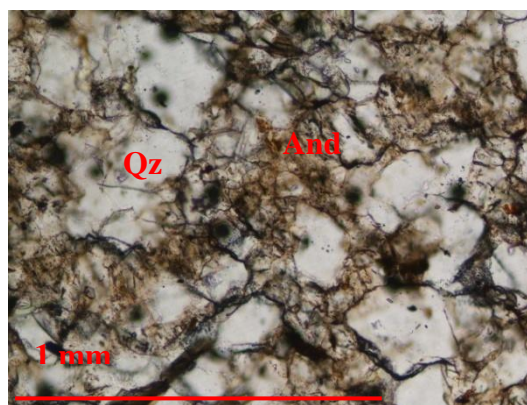
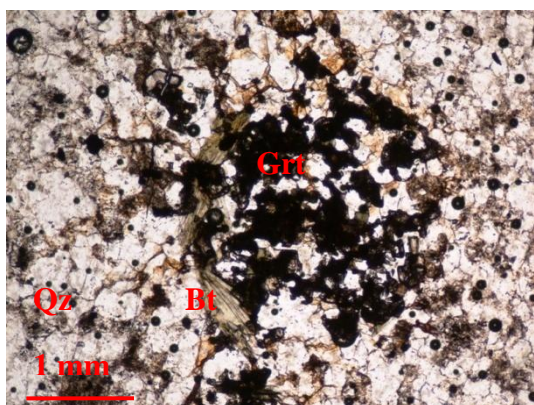


Figura 67 e 68 - À esquerda: granada de tendência poicilítica, associada a quartzo, plagioclase, andaluzite, biotite, clorite e esfena. À direita: andaluzite (com alguma alteração), texturalmente intersticial em relação a grãos de quartzo. Ambas as fotografias foram obtidas com nicois paralelos.

Amostra MP4 (Figura 69, 70 e 71)

Esta amostra é de filito/micaxisto e, como é típico, tem textura granolepidoblástica. A paragéneses metamórfica é constituída por quartzo, moscovite, biotite, granada, estauroilite, turmalina, opacos e plagioclase, observando-se também clorite retrógrada. A xistosidade mais penetrativa é de crenulação. Esta lâmina apresenta bons exemplos de arcos poligonais mimetizando charneiras de dobras (Fig. 70 e 71), sendo, portanto, um

bom exemplo de que a anisotropia tectónica mais facilmente observada nas amostras da zona de estudo é posterior à primeira fase de deformação. Tendo em conta a informação apresentada por Ribeiro & Mendes (1991), deverá tratar-se da S3.



Figura 69 - Foto da talisca da lâmina MP4

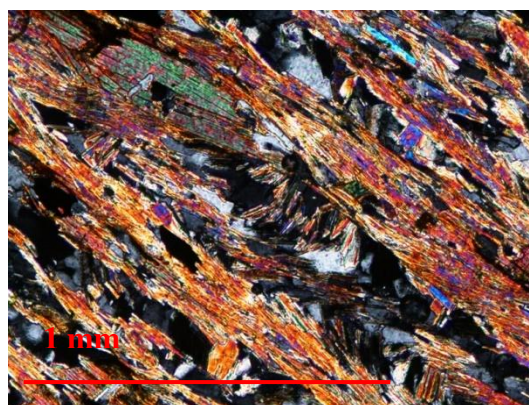
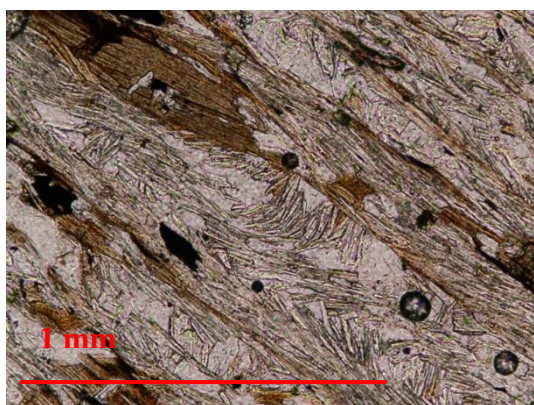


Figura 70 e 71 - Arcos poligais, definidos por blastos de moscovite, mimetizando charneiras de microdobras, testemunhando que a anisotropia mais penetrativa é de crenulação. À esquerda, NP; à direita NC.

Amostra MP6 (Figura 72, 73 e 74)

A amostra MP6 é um micaxisto que apresenta textura granolepidoblástica e é constituído por moscovite, quartzo, biotite, turmalina, andaluzite, opacos, plagioclase e clorite e sericite retrógradadas. As características micro-estruturais estão de acordo com as referidas nas restantes amostras de metapelitos.



Figura 72 - Foto da talisca da lâmina MP6

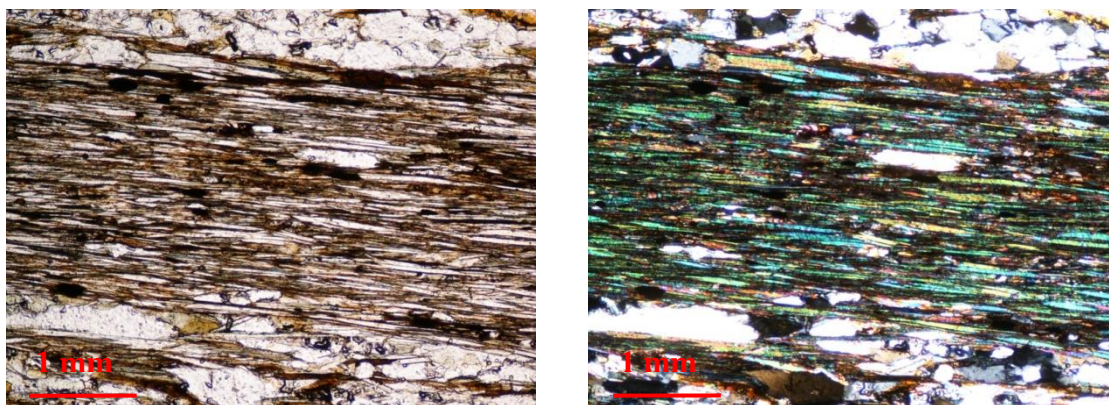


Figura 73 e 74 - Xistosidade definida pelas micas. À esquerda, NP; à direita NC

Relação das observações petrográficas em metapelitos com a zonografia metamórfica da região de Vila Nova de Foz Côa

Conforme as descrições feitas acima, há lâminas delgadas em que se registam as presenças de minerais índices como andaluzite, estaurolite e granada. Só algumas amostras de metapelitos contêm estes minerais, mas, visto que o conceito de isógrada é o da linha que marca o primeiro aparecimento (no sentido prógrado do metamorfismo) de um determinado mineral índice (e.g: Miyashiro, 1994 Philpotts & Ague, 2009) e não necessariamente a sua ocorrência generalizada, pode-se afirmar que a área de Poço do Canto se situa na zona de estaurolite-andaluzite (granada). Esta conclusão está de acordo com a zonografia apresentada para a região de Vila Nova de Foz Côa por Ribeiro & Mendes (1991), segundo a qual Poço do Canto está na parte inicial daquela zona, ligeiramente a sul da isógrada que a separa da zona da biotite. Ainda de acordo com

aquelas autoras, só mais para sul, nas proximidades do contacto com o granito de Mêda, se encontrariam paragénese com silimanite.

4.Dados de Geoquímica de Superfície da Área de Poço do Canto

4.1 Colheita das amostras

Na área de estudo - Poço do Canto - foi realizada uma colheita de 115 amostras de solos, com o objetivo de efetuar análises geoquímicas multi-elementares. Os pontos de amostragem foram dispostos no terreno segundo uma malha regular, para a obtenção de dados que registassem a variação dos teores ao longo da área.

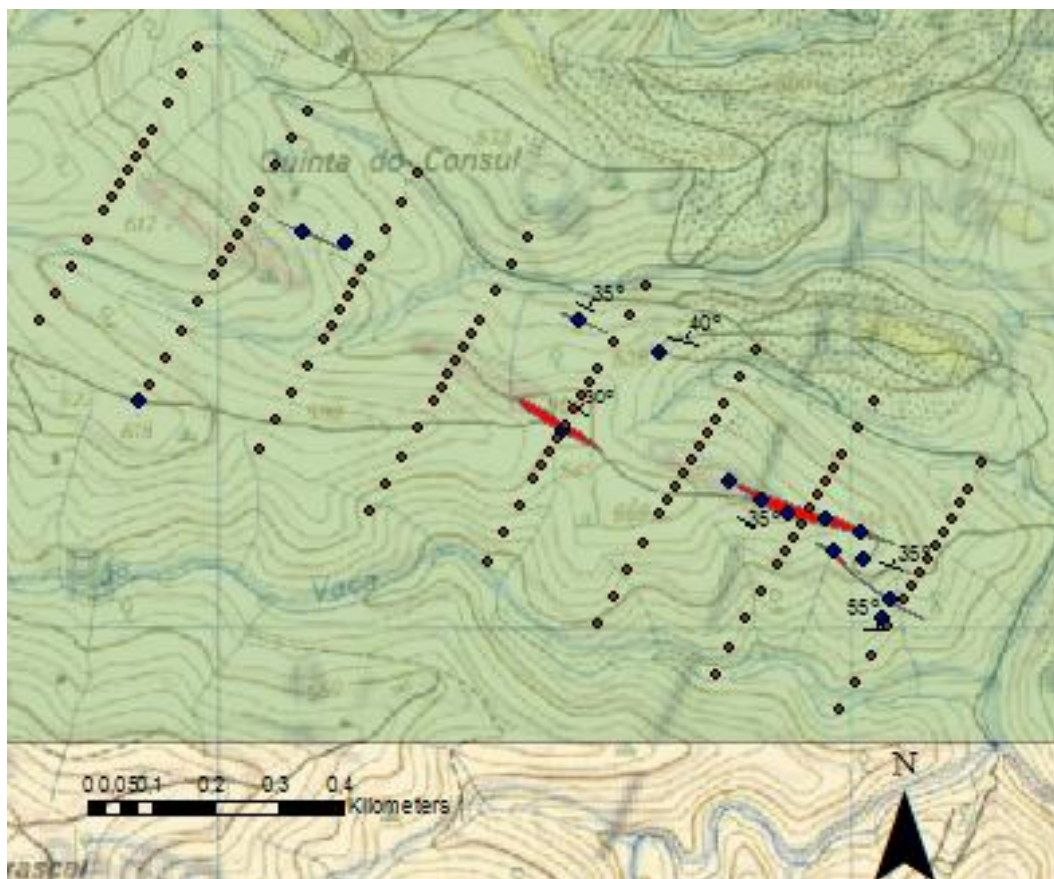


Figura 75 - Mapa dos pontos de amostragem dos solos (pontos castanhos). Também estão assinalados os locais de colheita das amostras de rocha (pontos azuis) usadas no estudo petrográfico (capítulo 3). A vermelho: corpos de *skarn* cartografados neste trabalho. Em fundo, está representada a topografia, bem como a posição dos corpos de *skarn* segundo a edição de 1991 da carta geológica de Vila Nova de Foz Côa. Algumas amostras de *skarn* para estudo petrográfico foram colhidas como blocos soltos, pelo que alguns pontos azuis se encontram fora dos afloramentos cartografados.

Como apresentado no mapa da figura 75, a malha é composta por 8 linhas de recolha de amostras, espaçadas 200 m entre si. Cada linha é composta por 14 pontos. A

distância entre pontos da mesma linha é de 50m, nos extremos das linhas, e de 25m na parte central, ou seja, junto aos locais onde, de acordo com a cartografia geológica, seria mais provável haver corpos de *skarn* a aflorar ou a pequena profundidade.

Durante a amostragem, foram realizados os seguintes procedimentos:

1. Utilização de GPS para localização dos locais de amostragem, previamente definidos;
2. Rejeição dos primeiros 15cm de solo, que apresentavam matéria orgânica;
3. Crivagem da amostra para evitar a sua contaminação com matéria orgânica e matéria rochosa;
4. Pesagem da amostra (o peso imposto pelas instruções do laboratório de análises era de 25g).

4.2 Métodos laboratoriais usados

Os dados geoquímicos foram obtidos através de análises efetuadas no laboratório da empresa ALS Minerals - Sevilha (Espanha).

Foram usados dois tipos de procedimentos analíticos para a obtenção da informação geoquímica das amostras de solos: ME-MS41 e AU-AA41.

O pacote ME-MS41 é usado para obtenção de uma análise multi-elementar. Inicia-se com uma digestão em água-régia, o que permite a dissolução de fases relevantes em prospeção de metais, tais como os sulfuretos, os óxidos e os carbonatos, que segue a análise por ICP-MS e ICP-AES.

Por sua vez, o procedimento AU-AA41 é usado para a determinação da concentração de Au em amostras de solos e amostras de sedimentos de corrente, pois tem um limite de deteção inferior ao do pacote ME-MS41. No caso de Au-AA41, também ocorre digestão em água-régia, mas segue-se análise num espectrómetro de absorção atómica (AAS).

Ao usar-se dados obtidos com o pacote ME-MS41, não se obteriam valores para o Au, pois todas as amostras revelaram ter concentrações abaixo do limite de deteção daquele pacote analítico (0.2 ppm). Já com o procedimento AU-AA41, apesar da maioria das amostras continuar a ter concentrações abaixo do limite de deteção (0.005ppm) foi possível obter dados quantitativos do elemento Au em várias delas. A maior concentração

de Au foi registada na amostra 75 (linha de amostragem 6; Fig.75), com 0,015 ppm. Deste modo, todos os valores de Au obtidos, nesta fase da prospeção na área de Poço do Canto, são muito pequenos, não revelando, pelo menos por enquanto, nenhum local de interesse.

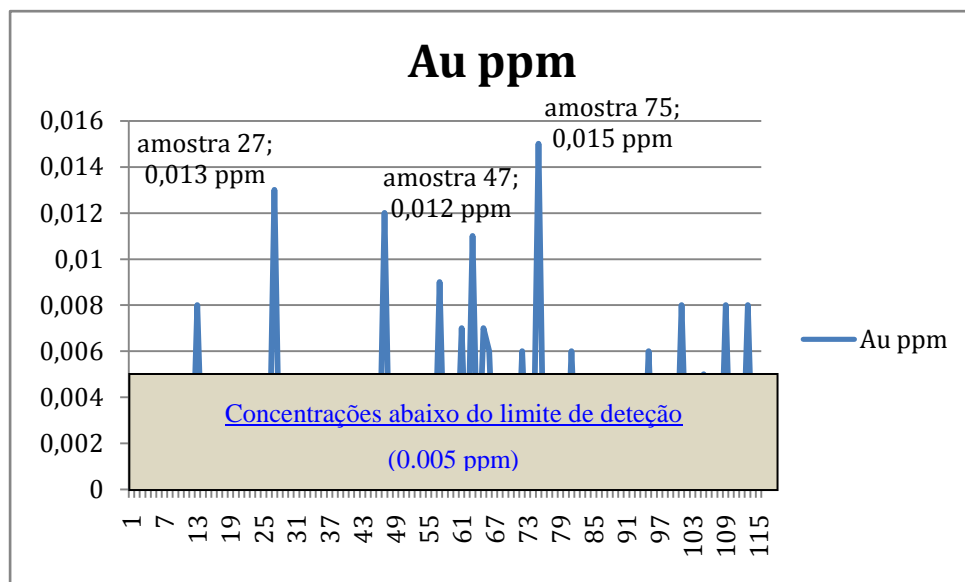


Figura 76 – Variação das concentrações de Au obtidas pelo pacote analítico Au-AA41, em função dos pontos de amostragem.

4.3 Resultados geoquímicos

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos para alguns dos elementos que, à partida, despertavam mais atenção à empresa, tais como W, Ca, As, Mg e Sr.

- W: os resultados obtidos para este elemento têm de ser objeto de atenção pois este é o elemento-alvo do trabalho de prospeção em curso.
- Ca: este elemento tem interesse, pois as mineralizações de W, nesta área encontram-se em *skarns*, os quais, sendo rochas de composição calcossilicatada, são obviamente ricas de cálcio.
- Sr: Devido a constituir catiões divalentes com um raio (1.18 Å, para a coordenação 6; base de dados em <http://abulafia.mt.ic.ac.uk/shannon/>) compatível com as posições ocupadas pelo Ca^{2+} (raio de 1.00 Å, para a coordenação 6; base de dados em <http://abulafia.mt.ic.ac.uk/shannon/>), o estrôncio é um elemento que facilmente substitui o cálcio e, por isso, tipicamente segue o seu comportamento geoquímico.
- Mg: por vezes, as rochas sedimentares carbonatadas (em especial, se contiverem dolomite) e as rochas metamórficas calcossilicatadas que delas podem derivar estão enriquecidas neste elemento, pelo que também terá interesse verificar se existe alguma correlação entre as concentrações de Mg e as de W.
- As: o interesse da empresa neste elemento relacionava-se com o facto de ele ser um constituinte fundamental da arsenopirite, a qual pode ser indicadora de mineralizações de metais com interesse económico.
- Outros elementos que também mereciam inicialmente a atenção da empresa eram o Au e o S. Contudo, ambos apresentam, como concentrações mais elevadas, valores que só estão três ou quatro vezes acima dos seus limites de deteção (0.005 ppm, no caso do Au; 0.01% para o S) e grande parte dos resultados, como referido já a propósito das análises de Au, estão mesmo abaixo daqueles limites. Deste modo, não teria grande sentido estar a tentar observar e interpretar as variações nesses elementos.

Os gráficos apresentados de seguida representam os resultados das concentrações, em amostras de solos, dos elementos que merecem mais atenção e serão apresentados linha a linha, de NW para SE. Para facilitar a apresentação e a interpretação dos dados,

considerou-se uma faixa, que engloba os principais afloramentos das rochas calcossilicatadas e permite projetar os seu hipotético prolongamento.

Em cada gráfico, o ponto de abcissa zero corresponde ao extremo SW da linha de amostragem respetiva. Nos gráficos respeitantes as linhas que intercetam afloramentos de corpos calcossilicatados, a posição destes está representada por barras cor-de-rosa com limites azuis. Quando as linhas de amostragem não intersetaram corpos aflorantes, assinalaram-se barras amarelas nas posições que correspondem à faixa referida no parágrafo anterior, para ser mais fácil considerar-se a hipotética presença de corpos calcossilicatados abaixo ou acima (neste caso, obviamente já erodidos) da atual superfície topográfica.

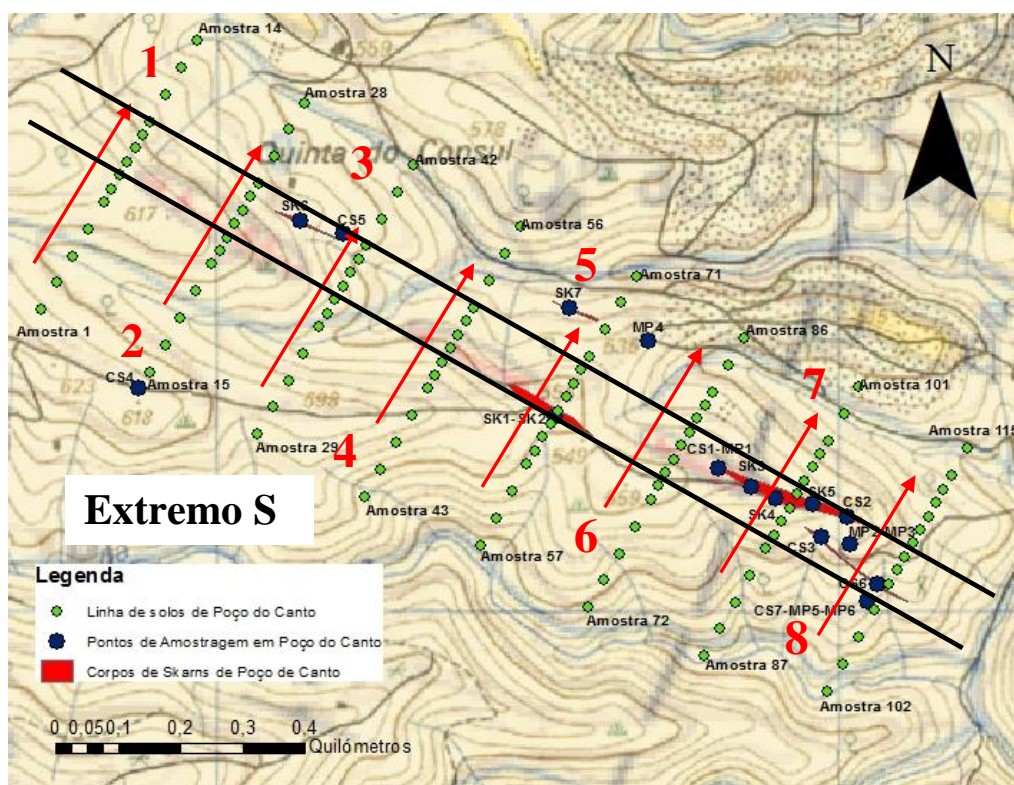


Figura 77- Mapa ilustrativo do processo de apresentação dos resultados geoquímicos.

- ➔ Sentido de apresentação das amostras (o extremo SW de cada linha corresponde à abcissa 0 dos gráficos de variação das concentrações para essa linha).
- 4 Numeração das linhas de amostragem.
- Linhas a negro: limites da faixa que engloba e prolonga os principais corpos de skarn.

4.3.1 Resultados da linha de amostragem 1

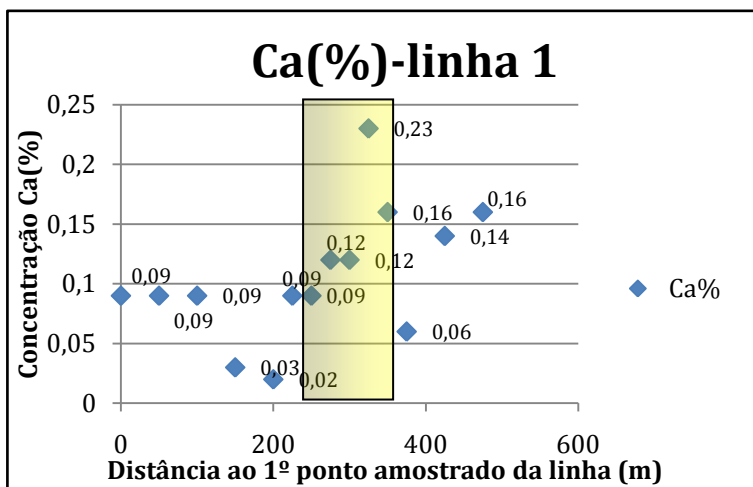


Figura 78 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 1

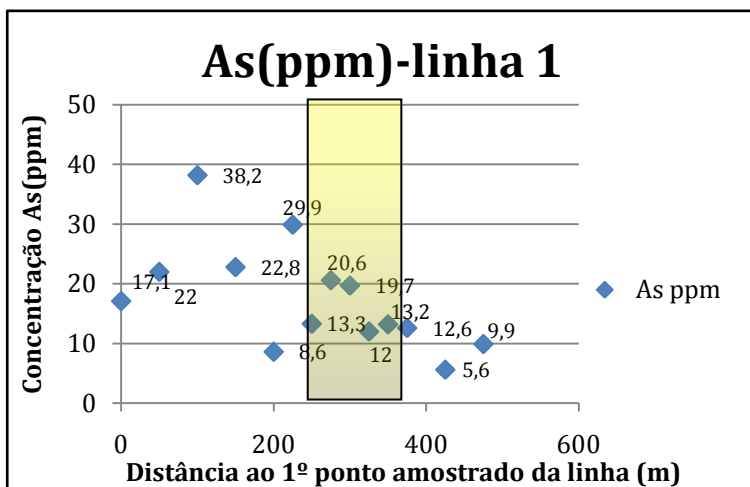


Figura 79 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 1

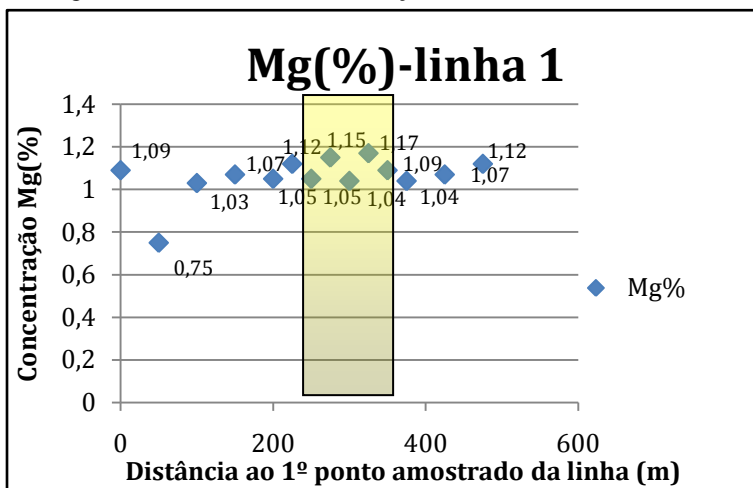


Figura 80 - Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 1

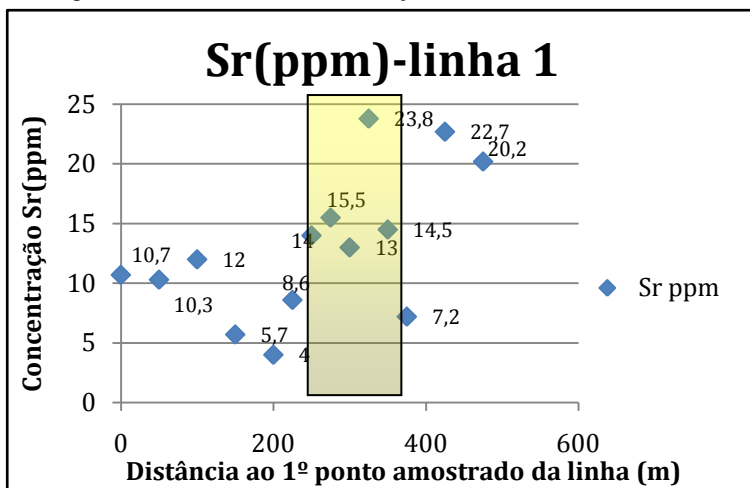


Figura 81 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 1

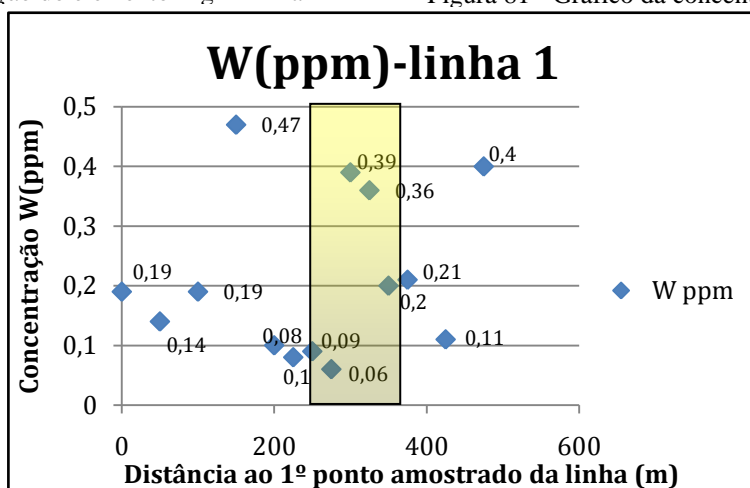


Figura 82 - Gráfico da concentração do elemento W – Linha 1

Quanto ao Ca, o valor mais alto (0.23%) registado na linha 1 está dentro da faixa que prolonga os afloramentos de corpos de *skarn*. O valor mínimo nesta linha (0.02%) corresponde à mais baixa concentração de Ca registada em amostras de todas as linhas, tendo sido obtidas a sul da referida faixa. Em geral, nota-se que os valores mais elevados nesta linha de amostragem se encontram no seu setor setentrional.

A variação dos valores de Sr é similar à descrita para o Ca. O Sr apresenta como valor máximo, nesta linha, 23.8 ppm, o qual se encontra dentro da faixa de prolongamento dos afloramentos de *skarns*. O Valor mínimo é de 4.0 ppm (a sul da faixa), correspondendo à menor de todas as concentrações de Sr obtidas em toda a amostragem.

Quanto aos resultados de Mg, obtiveram-se um máximo de 1.17%, dentro da faixa e um mínimo de 0.75%, a sul dela. Contudo, o Mg distingue-se dos elementos anteriores por ter um comportamento muito mais uniforme, pois, na verdade, à exceção do valor mínimo, as concentrações variam entre 1.03% e 1.17%, sem nenhum padrão ao longo da linha.

Para o As, o máximo, nesta linha, é de 38.2 ppm, obtidos no setor sul, enquanto o mínimo é de 5.6 ppm e foi encontrado no setor norte. Aliás, neste caso, nota-se que os valores mais elevados são registados sistematicamente na parte meridional da linha.

Na linha 1, o W não tem um padrão óbvio. O valor mais alto é de 0.47 ppm e está a sul da faixa de prolongamento dos *skarns*, enquanto o valor mais baixo é de 0.06 ppm e está dentro dessa faixa. Contudo, há valores próximos do máximo dentro da faixa.

4.3.2 Resultados da linha de amostragem 2

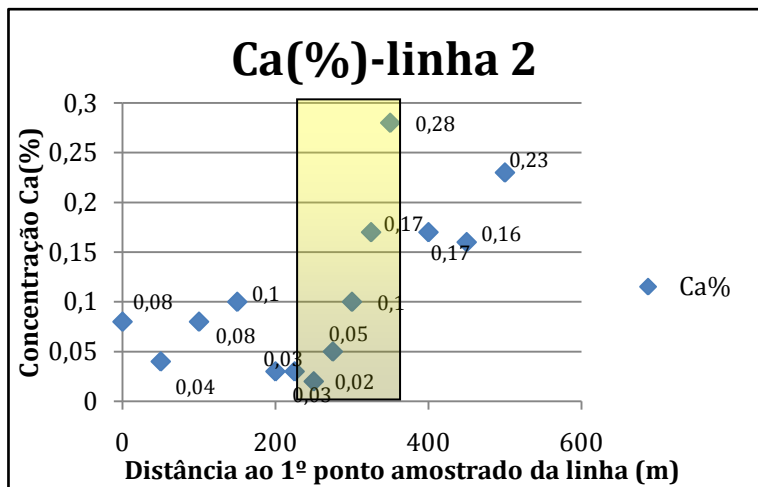


Figura 83 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 2

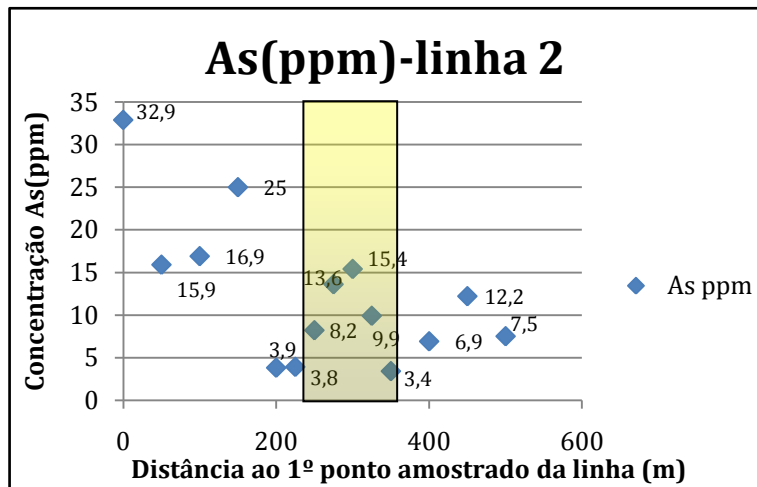


Figura 84 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 2

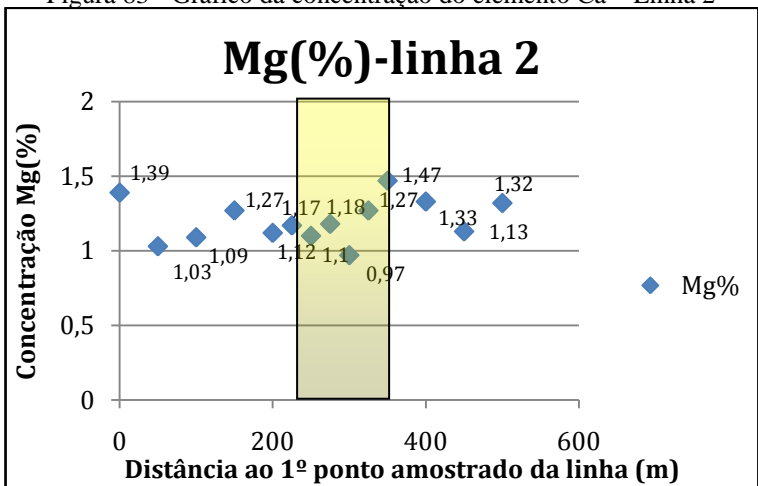


Figura 85 - Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 2

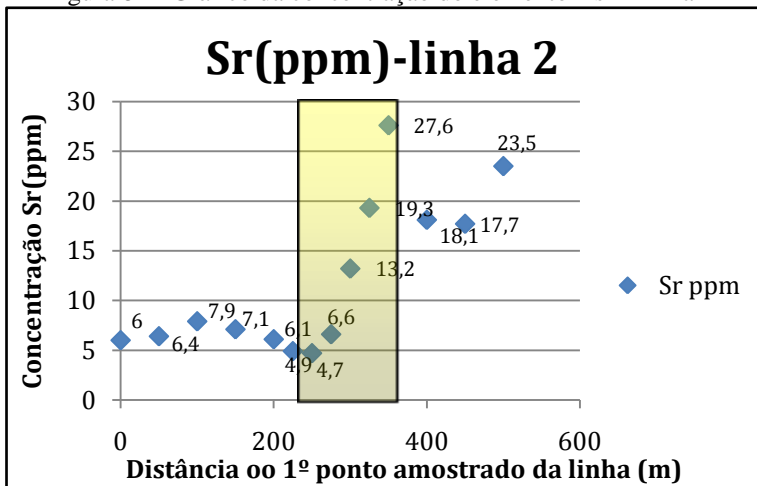


Figura 86 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 2

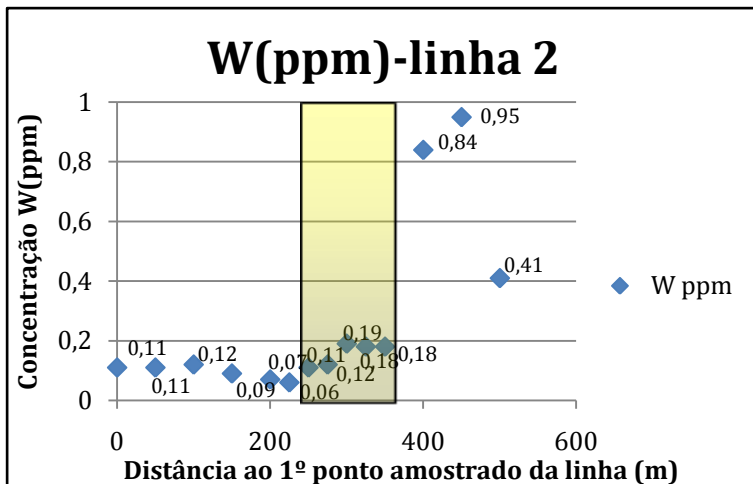


Figura 87 - Gráfico da concentração do elemento W – Linha 2

Na linha de amostragem 2, a variação do Ca segue um padrão semelhante ao apontado para a linha 1, com os valores mais elevados ($\geq 0.17\%$) a registarem-se no setor setentrional. Quanto aos valores extremos (0.02% e 0.28%) estão ambos dentro da faixa que foi traçada como prolongamento dos afloramentos de *skarns*, com o teor mais baixo a ser um dos menores (em igualdade com o já referido na linha 1) em toda a amostragem.

A descrição feita para o Ca aplica-se, nos seus traços mais importantes, ao Sr. Os valores máximo e mínimo, na linha 2, são, respetivamente, 27.6 ppm e 4.7 ppm, tendo ambos sido obtidos dentro da faixa mencionada

No que se refere aos teores de Mg, registam-se um máximo de 1.47%, e um mínimo de 0.97%, ambos dentro da faixa. Tal como na linha 1, os aspetos mais marcantes do comportamento deste elemento parecem ser a ausência de um padrão de variação e a restrita gama de variação das concentrações.

O As, regista um máximo, nesta linha, de 32.9 ppm, no extremo S da linha e um mínimo de 3.4 ppm, no interior da faixa. É notória, tal como na linha 1, uma clara tendência para as maiores concentrações estarem no setor meridional da linha de amostragem.

No que respeita ao W, nota-se agora um padrão de variação que já tem semelhanças com os do Ca e do Sr, havendo uma distinção entre um setor setentrional, com valores entre 0.41 e 0.95 ppm, e um setor meridional, em que os teores variam de 0.06 a 0.19 ppm. Uma diferença do W relativamente aos outros dois elementos é que, no que respeita ao tungsténio, nenhum dos valores mais altos está dentro da faixa traçada como prolongamento dos afloramentos de *skarns*.

4.3.3 Resultados da linha de amostragem 3

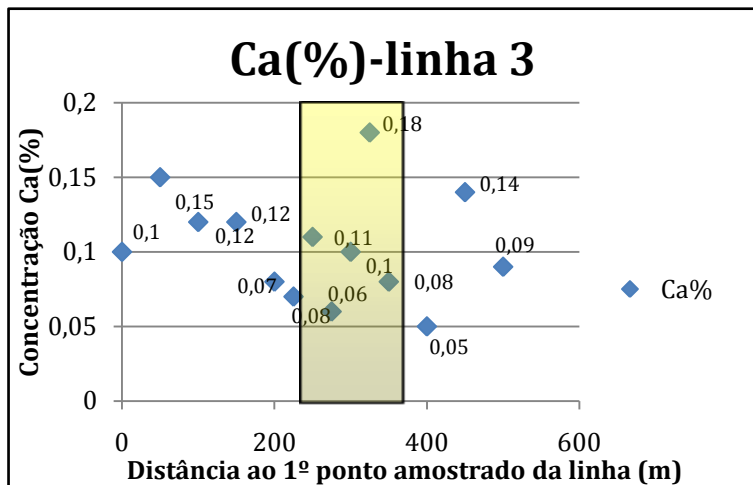


Figura 88 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 3

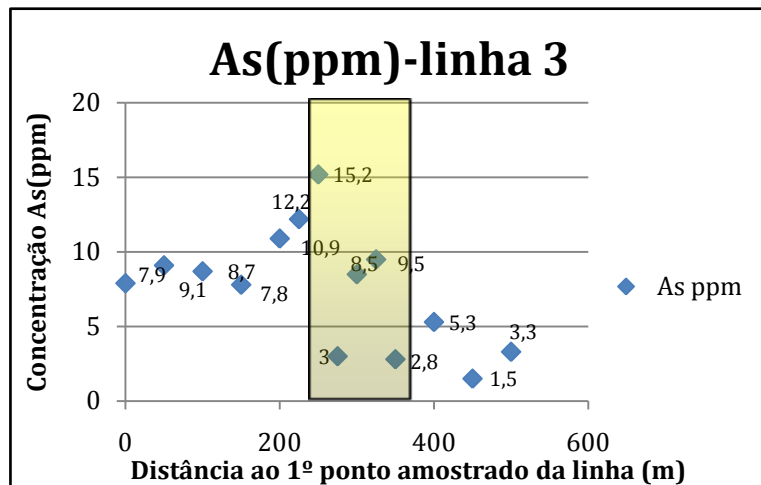


Figura 89 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 3

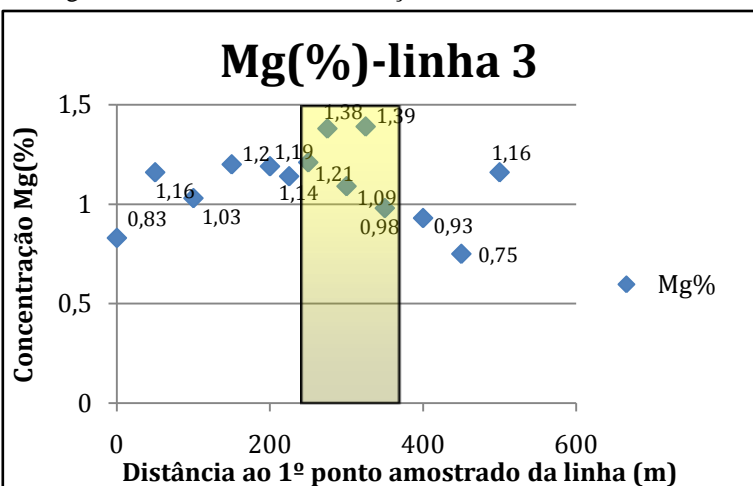


Figura 90 - Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 3

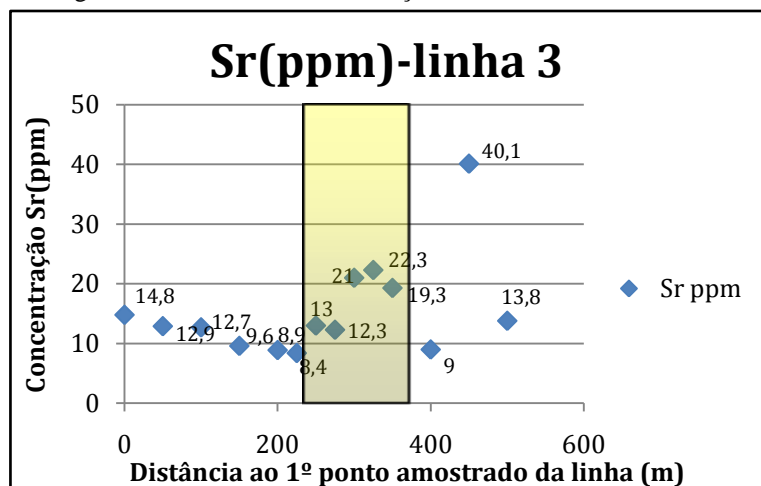


Figura 91 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 3

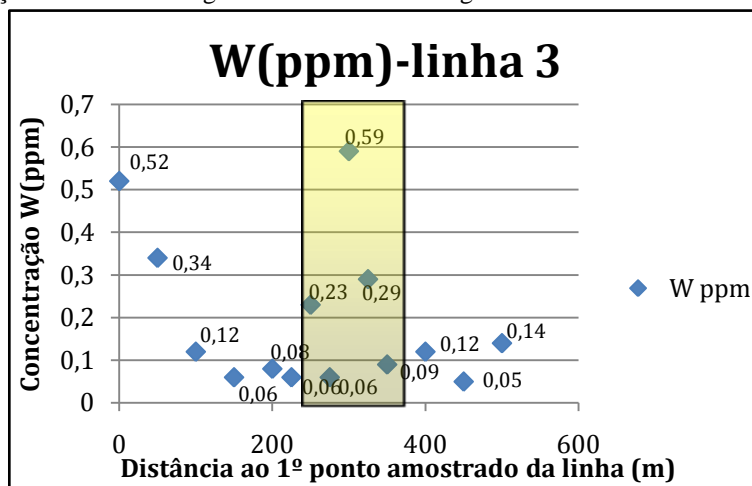


Figura 92 - Gráfico da concentração do elemento W – Linha 3

Na linha 3, o comportamento do Ca é mais errático do que o descrito para as linhas anteriores. O valor mais alto registado nesta linha (0.18%) situa-se na faixa que prolonga os afloramentos de *skarns*, enquanto o mínimo (0.05%) foi obtido a norte dessa faixa.

No caso do Sr, apesar do seu comportamento também não ser tão regular como nas linhas 1 e 2, parece ainda haver uma tendência na linha 3 para as maiores concentrações estarem no seu setor setentrional, onde, aliás, se obteve o valor mais alto (40.1 ppm), o qual se destaca claramente de todos os restantes. O valor mínimo nesta linha é de 8.4 ppm, sendo registado imediatamente a sul da faixa desenhada.

Para o Mg, registam-se um máximo de 1.39%, (dentro da faixa) e um mínimo de 0.75% (no setor setentrional). Em traços gerais, parecem manter-se válidas as considerações feitas a propósito das linhas 1 e 2.

Quanto ao As, este elemento regista um comportamento que, em traços gerais, é o oposto ao do Sr. O máximo (15.2 ppm) e o mínimo (1.5 ppm) de As foram registados exatamente onde se obtiveram, respetivamente, o mínimo e o máximo de Sr e, além disso, nota-se uma tendência para os maiores valores de As se registarem na parte meridional da linha de amostragem. O valor de 1.5 ppm é a menor concentração de As obtida em amostras de todas as linhas.

Na linha 3, o W volta a ter um comportamento sem um padrão claro. Registam como valor mais alto 0.59 ppm e como valor mais baixo 0.05 ppm, sendo este último a mais baixa concentração de W detetada em toda a amostragem. O teor máximo encontra-se na faixa desenhada como hipotético prolongamento dos corpos de *skarns*, mas alguns dos outros valores relativamente altos (para esta linha, entenda-se) encontram-se no extremo sul da linha de amostragem. O teor mínimo foi obtido na parte setentrional da linha, mas há valores muito próximos (0.06 ppm) dentro da faixa e no setor meridional.

4.3.4 Resultados da linha de amostragem 4

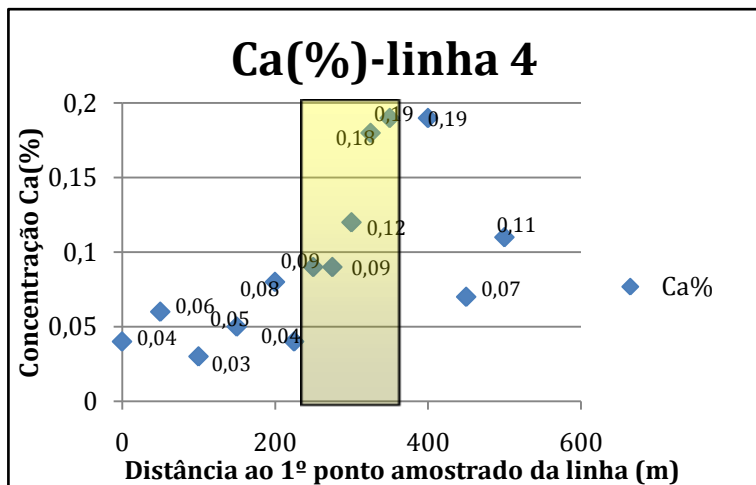


Figura 93 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 4

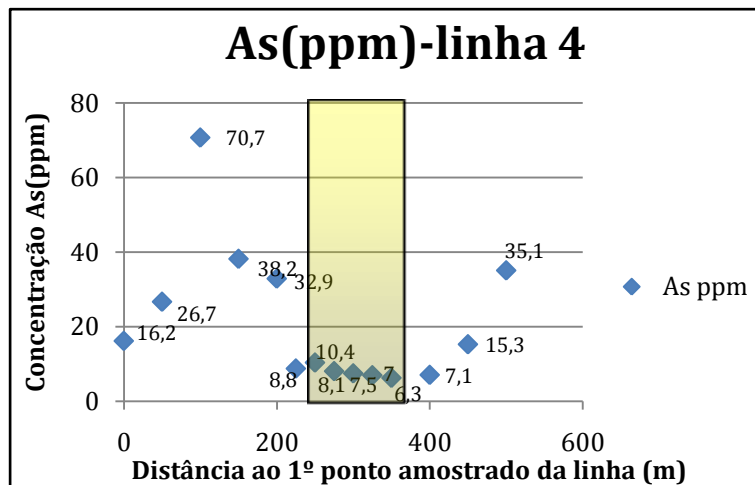


Figura 94 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 4

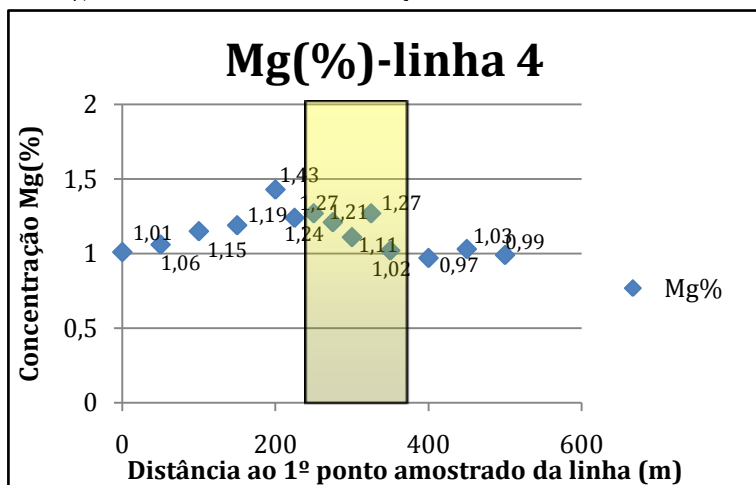


Figura 95 - Gráfico da concentração do elemento Mg – linha 4

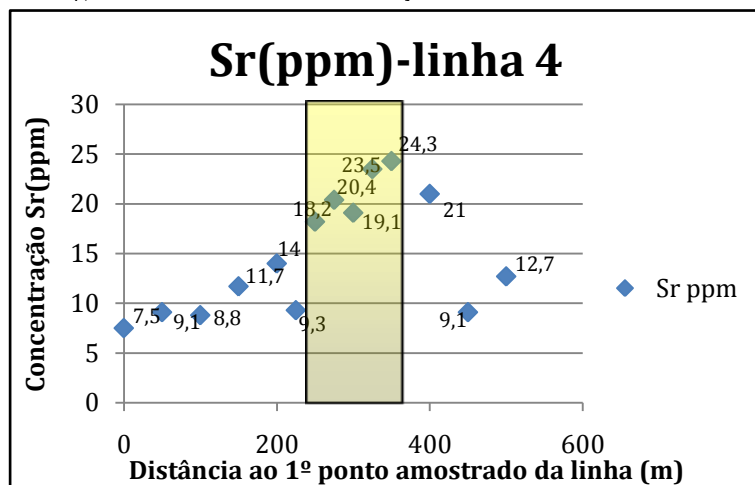


Figura 96 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 4

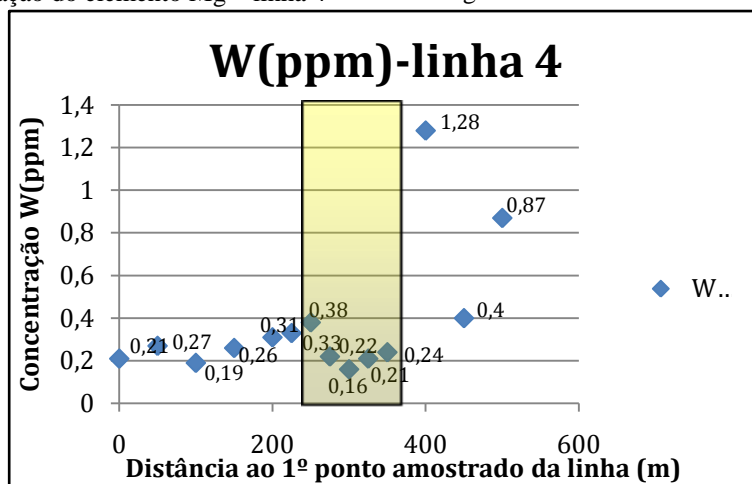


Figura 97 - Gráfico da concentração do elemento W – Linha 4

Na linha de amostragem 4, o Ca volta a ter um comportamento bastante semelhante ao observado nas linhas 1 e 2, com valores geralmente mais elevados no setor setentrional. A concentração máxima (0.19%) foi obtida em dois pontos, um no interior da faixa traçada e outro um pouco a norte dela. O teor mínimo (0.03%) encontra-se a sul da faixa.

A variação do Sr tem um padrão semelhante ao do Ca. O valor máximo nesta linha é de 24.3 ppm e encontra-se dentro da faixa, enquanto o mínimo é de 7.5 ppm e está no extremo sul. Nota-se também uma preferência dos valores mais altos para a parte setentrional da linha.

O Mg regista um máximo de 1.43%, a sul da faixa, e um mínimo de 0.97%, a norte dela, mas não há motivos para alterar os aspetos gerais das descrições feitas para as linhas abordadas anteriormente.

Quanto ao As, este elemento regista um máximo de 70.7 ppm, que se encontra no setor sul desta linha, e um mínimo de 6.3 ppm, no interior da faixa. Tal como nos casos anteriores, os valores mais elevados tendem a estar no setor meridional, embora nesta linha também ocorra alguma elevação das concentrações desde a faixa que prolonga os afloramentos de *skarns* até ao extremo norte da linha 4 de amostragem (35.1 ppm).

O W, por seu turno, regista como valor mais alto nesta linha 1.28 ppm, um pouco a norte da faixa, e como valor mais baixo 0.16 ppm, no interior dessa faixa. No geral, o padrão de variação do W é semelhante aos do Ca e do Sr, com os maiores teores (≥ 0.40 ppm) na parte norte da linha. A diferença, de novo, é que, para o W, todos os valores relativamente elevados são exteriores à faixa.

4.3.5 Resultados da linha de amostragem 5.

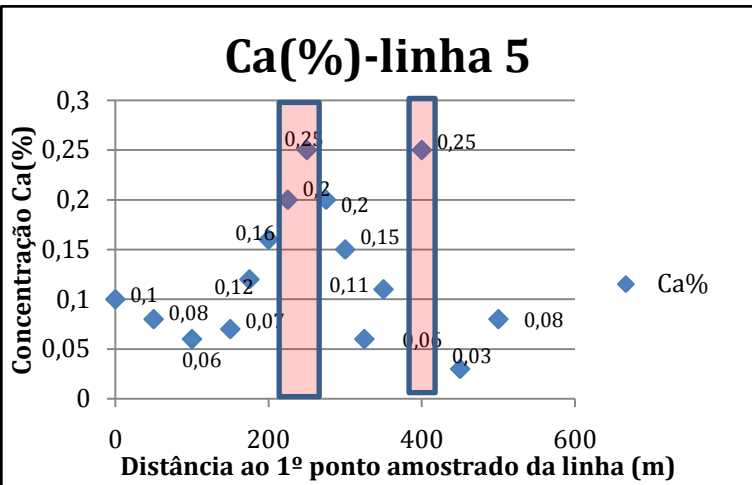


Figura 98 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 5

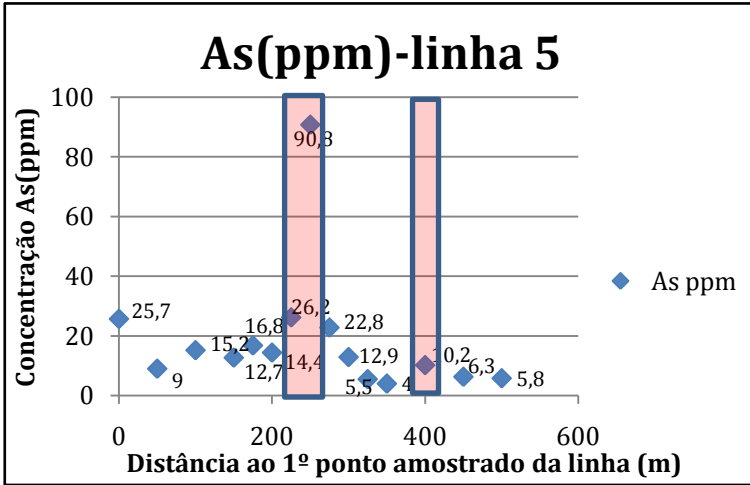


Figura 99 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 5

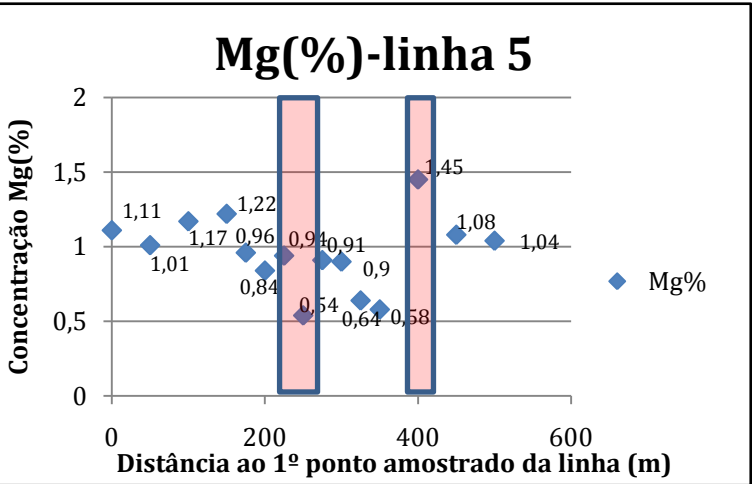


Figura 100 - Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 5

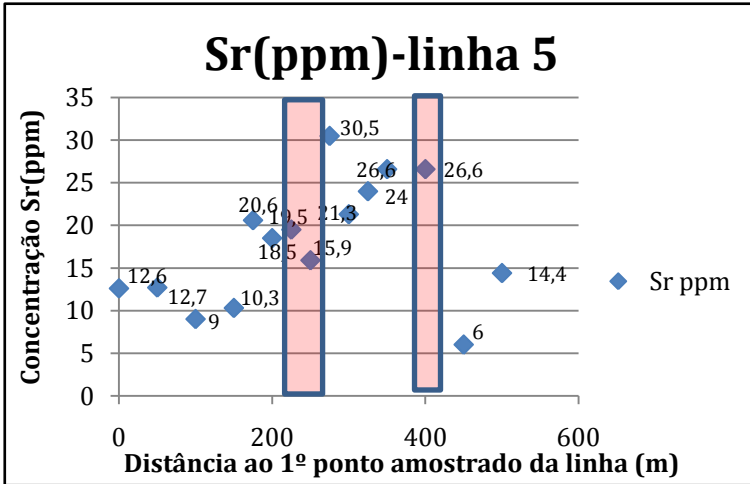


Figura 101 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 5

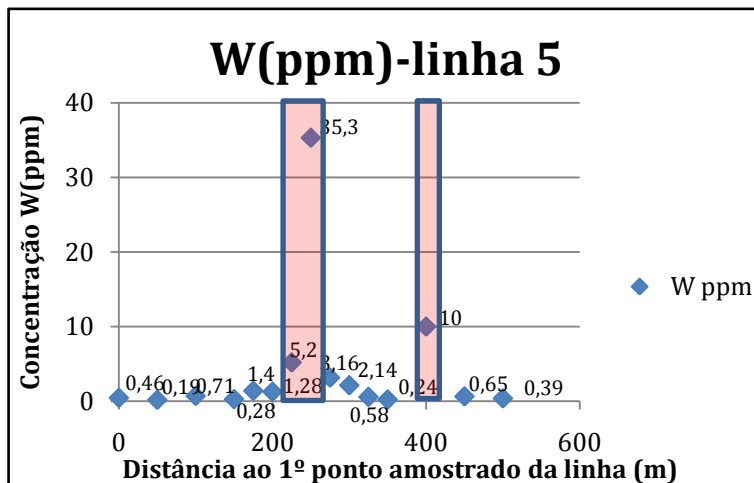


Figura 102 - Gráfico da concentração do elemento W – Linha 5

Na linha 5, foram intercetados dois corpos de *skarns*, pelo que as barras representadas nos diagramas referentes a esta linha representam essas interseções. Note-se que o corpo mais setentrional está fora da faixa que engloba os corpos principais, cujo prolongamento está assinalado pelas barras traçadas nos diagramas das linhas anteriores.

Quanto ao Ca, os valores mais altos registados nesta linha (0.25%) estão sobre os afloramentos de *skarns*. Além disso, nota-se que os valores mais elevados se encontram ou sobre esses afloramentos ou na vizinhança imediata do corpo mais largo (o meridional). O valor mínimo é de 0.03% e foi obtido um pouco a norte do *skarn* mais setentrional.

No caso do Sr, as concentrações maiores (> 15 ppm) registam-se no setor entre os corpos de *skarns*, no seu interior e próximo do limite sul do corpo mais espesso. O valor máximo é de 30.5 ppm e foi encontrado muito próximo do limite norte do *skarn* mais meridional. O teor mínimo é de 6 ppm, o qual foi obtido a norte do *skarn* mais setentrional.

No que se refere ao Mg, apesar da variação ser maior do que nas linhas anteriores, com o teor máximo (1.45%, no interior do corpo menos espesso) a ser quase o triplo do mínimo (0.54%, no interior do corpo mais espesso), continua a não ser discernível um padrão para essa variação. A concentração mais baixa obtida nesta linha corresponde ao mínimo de Mg obtido em toda a amostragem.

Quanto ao As, regista-se um máximo nesta linha de 90.3 ppm, sendo o segundo valor mais alto de toda a amostragem, o qual foi obtido sobre o afloramento mais expressivo de *skarn*. O teor mínimo é de 4 ppm, para uma amostra colhida entre os dois corpos de *skarns*. Excluindo o valor mais alto, parece haver um incremento geral dos teores de As, ao longo da linha, de norte para sul.

Também para o W, é nesta linha que se encontra a concentração mais alta de toda a amostragem, a qual é de 35.3 ppm. Este valor foi obtido na mesma amostra em que se registaram os teores mais altos de As e Ca nesta linha, a qual, recorde-se, foi colhida sobre o afloramento meridional de *skarn*. O valor mínimo (0.24 ppm) provém de uma amostra colhida um pouco a sul do corpo de *skarn* menos espesso. No que se refere à variação geral das concentrações de W na linha 5, ela é semelhante ao descrito para o Ca e o Sr, embora com uma amplitude proporcionalmente bem maior (no caso do W, o teor máximo é mais de 100 vezes mais alto do que o mínimo) e com uma discriminação mais clara entre o exterior e o interior dos corpos de *skarns*.

4.3.6 Resultados da linha de amostragem 6

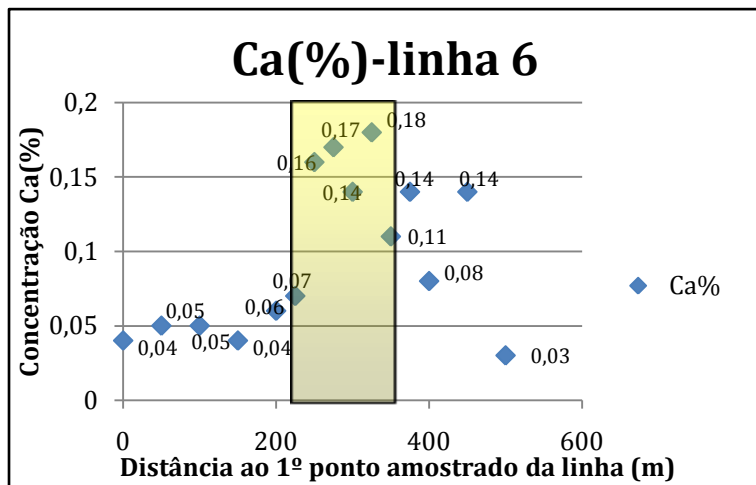


Figura 103 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 6

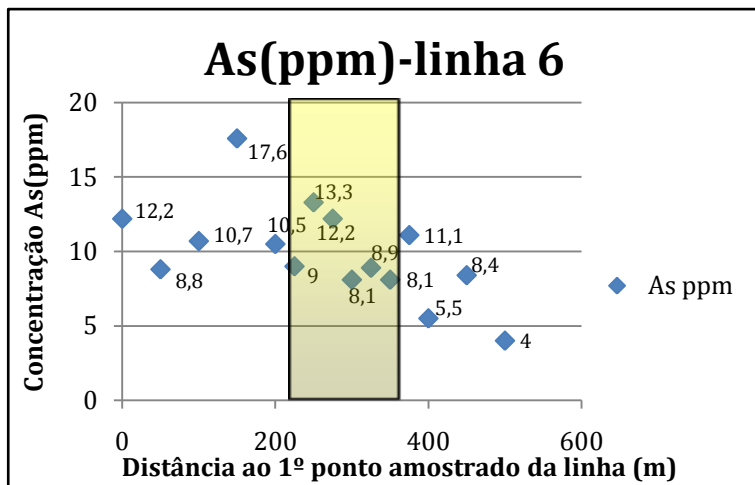


Figura 104 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 6

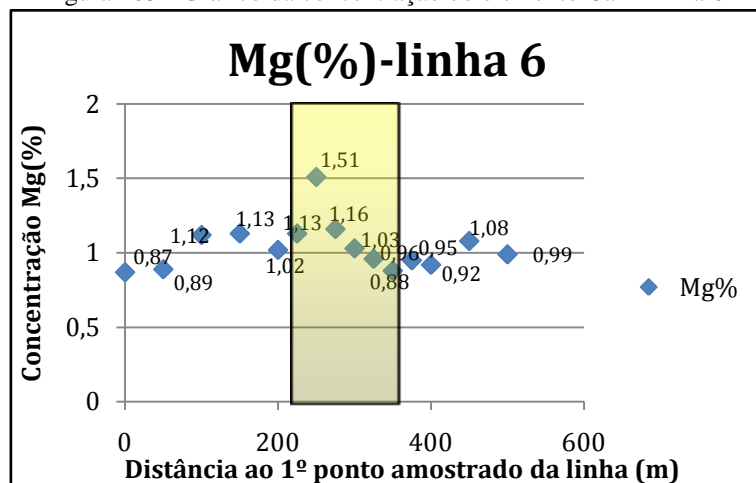


Figura 105 - Gráfico da concentração do elemento Mg – linha 6

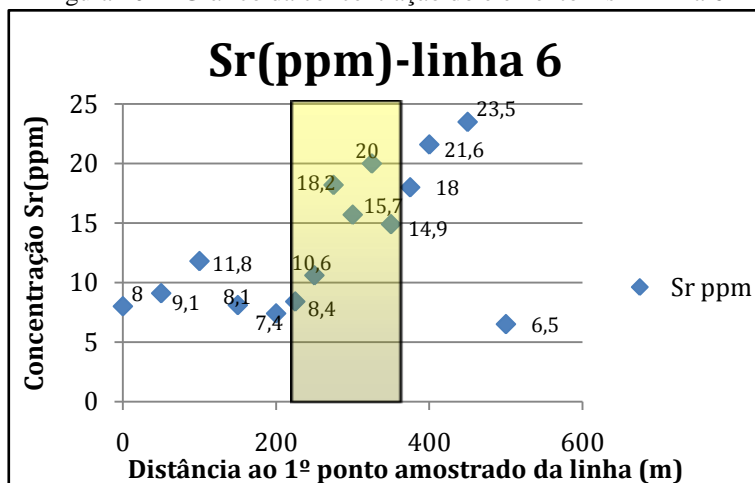


Figura 106 - Gráfico da concentração do elemento Sr – linha 6

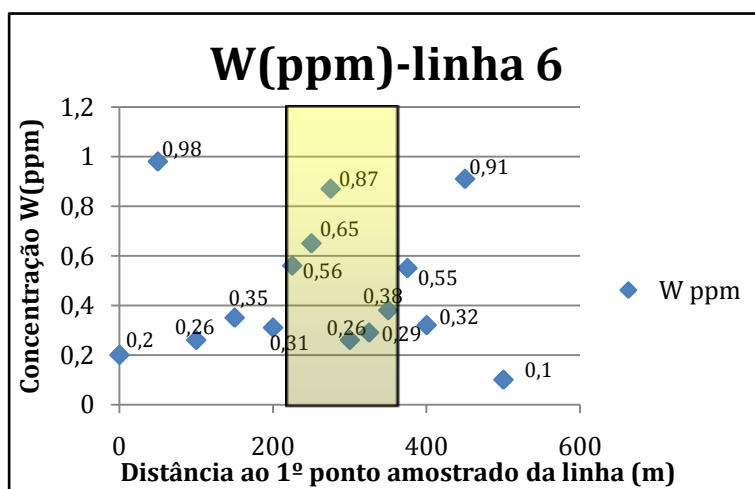


Figura 107 - Gráfico da concentração do elemento W – linha 6

A linha de amostragem 6, tal como as linhas 1 a 4, não interceta nenhum corpo aflorante de *skarn*, pelo que, tal como nas outras linhas mencionadas, nos gráficos estão marcadas barras correspondentes à interseção com a faixa do hipotético prolongamento dos corpos de *skarns*.

Quanto ao Ca, o valor mais alto registado (0.18%) na linha 6 está dentro da faixa referida. O teor mínimo (0.03%), por seu turno, corresponde ao ponto no extremo norte da linha. Todas as concentrações de Ca mais elevadas (0.07 a 0.18%) nesta linha estão ou na faixa ou a norte dela, enquanto que as mais baixas, com a exceção do citado valor mínimo, se encontram a sul da faixa (onde os valores variam de 0.04 a 0.06%).

Em traços gerais, há semelhanças entre a variação dos teores de Sr e a das concentrações de Ca. Com efeito, com exceção do extremo setentrional da linha (onde se atinge o teor mínimo: 6.5 ppm), o Sr tende a ter as concentrações maiores na faixa ou a norte dela. Contudo, as valores mais altos (23.5 e 21.6 ppm) são atingidos a norte da faixa e não no seu interior (aqui, o máximo é de 20 ppm).

Para o Mg, regista-se, no interior da faixa, um máximo de 1.51%, sendo este o valor mais alto registado em toda a amostragem. O mínimo nesta linha, obtido no seu extremo sul, é de 0.87%. Apesar de na linha 6 se ter encontrado a maior concentração de Mg e de ela ocorrer no interior da faixa, mesmo nesta linha não é possível considerar um padrão de variação do elemento em causa. Note-se, por exemplo, que o valor máximo não chega a ser o dobro do mínimo e que, se for descartada a concentração mais alta, a gama de variação irá somente de 0.87 a 1.16%

Os teores de As variam segundo o padrão geral que foi apontado para as linhas anteriores. Com efeito, também aqui, as concentrações tendem a ser relativamente mais elevadas no setor meridional do que no setor setentrional. O valor máximo é de 17.6 ppm (a sul da faixa) e o mínimo é de 4.0 ppm (no extremo norte da linha).

Nesta linha, as concentrações de W voltam a ser todas diminutas, não se registando um único valor acima de 1 ppm. Os dois valores mais elevados nesta linha são de 0.98 e 0.91 ppm, encontrados, respetivamente, a sul e a norte da faixa. O teor mínimo (0.10 ppm) está no extremo norte da linha. Se forem excluídos os dois valores mais altos parece haver uma tendência geral para o aumento das concentrações de W do exterior para o interior da faixa desenhada.

4.3.7 Resultados da linha de amostragem 7

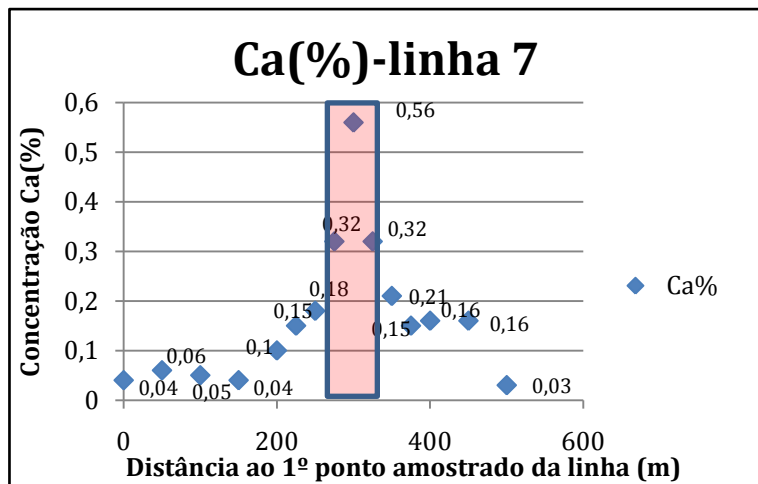


Figura 108 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 7

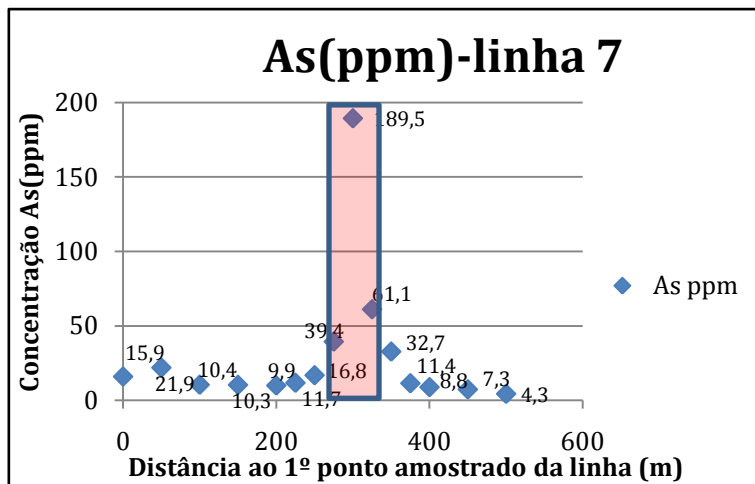


Figura 109 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 7

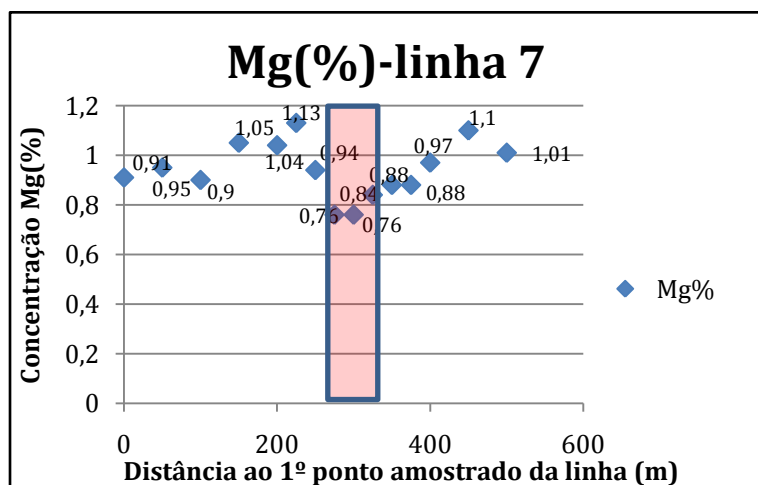


Figura 110 - Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 7

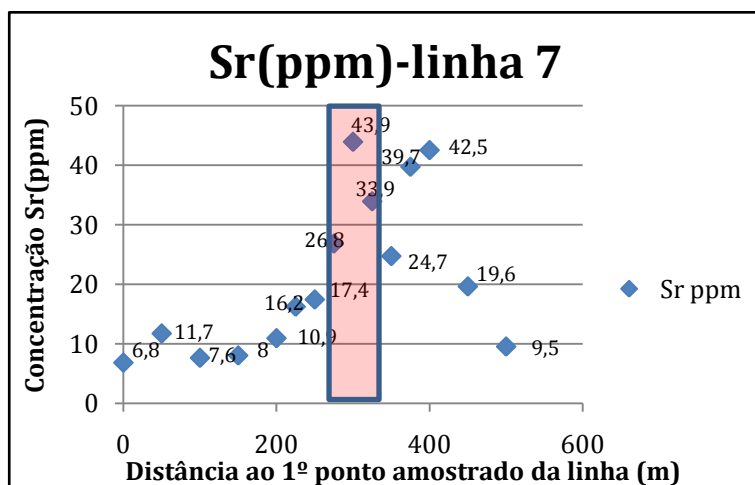


Figura 111 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 7

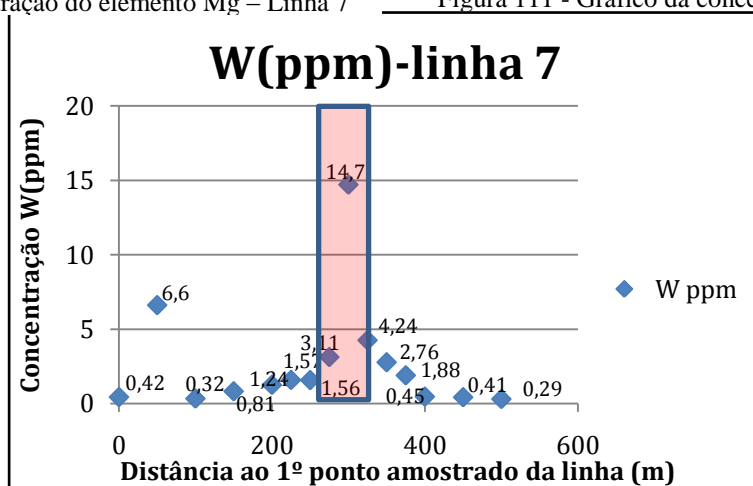


Figura 112 - Gráfico da concentração do elemento W – Linha 7

Na linha de amostragem 7, tal como na linha 5, é intercetado um corpo de *skarn*, pelo que é essa interseção que é assinalada nos diagramas.

Quanto ao Ca, o valor mais alto registado nesta linha foi obtido sobre o corpo de *skarn* cartografado. Esse valor é de 0.56%, representando a maior concentração de Ca de toda a amostragem. É claramente visível uma tendência para o incremento dos valores de Ca das zonas mais afastadas do corpo de *skarn* em direção às suas proximidades e ao seu interior. A referida tendência é, contudo, assimétrica, tendo o setor setentrional concentrações habitualmente mais elevadas do que o meridional, apesar do valor mínimo (0.03%) corresponder ao extremo norte da linha.

Os valores de Sr apresentam uma variação com traços gerais semelhantes à do Ca. O estrôncio apresenta como valor máximo nesta linha 43.9 ppm, sendo esta a maior concentração registada em toda a amostragem. A teor mais alto foi obtido no corpo de *skarn*, enquanto o mais baixo nesta linha (6.8 ppm) corresponde ao seu extremo sul. Apesar das semelhanças com o caso do Ca, a variação do Sr é ainda mais assimétrica do que a assinalada no elemento anterior, havendo inclusivamente duas concentrações obtidas a norte da área cartografada como *skarn* que superam alguns teores obtidos no seu interior.

Quanto aos resultados de Mg, regista-se um máximo na linha de 1.13%, a sul do corpo de *skarn*, e um mínimo de 0.76%, no seu interior. Os resultados deste elemento, tal como tem sido descrito, mantêm, pois, uma variação muito estreita e sem um padrão identificável.

No que respeita ao As, este elemento regista um máximo nesta linha de 189.5 ppm. Tal como nos casos do Ca e do Sr, este valor é o mais alto de toda a amostragem e foi obtido sobre o corpo de *skarn* (e, aliás, exatamente na mesma amostra). O teor mínimo (4.3 ppm) foi registado no extremo norte da linha. Se se excluir o *skarn* e as suas vizinhanças próximas, o setor meridional da linha apresenta em geral valores relativamente mais elevados de As (> 10 ppm, dos 0 aos 200 m) do que o setor setentrional (As < 9 ppm, de 400 m em diante).

A variação do W tem aspetos semelhantes à do Ca, com o valor mais alto (W = 14.7 ppm) no interior do *skarn* e uma tendência geral para o aumento das concentrações em direção a esse corpo. Contudo, não se nota uma assimetria com preferência para o setor setentrional, como nos casos do Ca e do Sr. Além disso, a tendência geral tem uma exceção clara num ponto do setor meridional, o qual apresenta o segundo teor mais elevado desta linha (6.6 ppm). O valor mais baixo (0.29 ppm) foi, por seu turno, obtido no extremo norte.

4.3.8 Resultados da linha de amostragem 8.

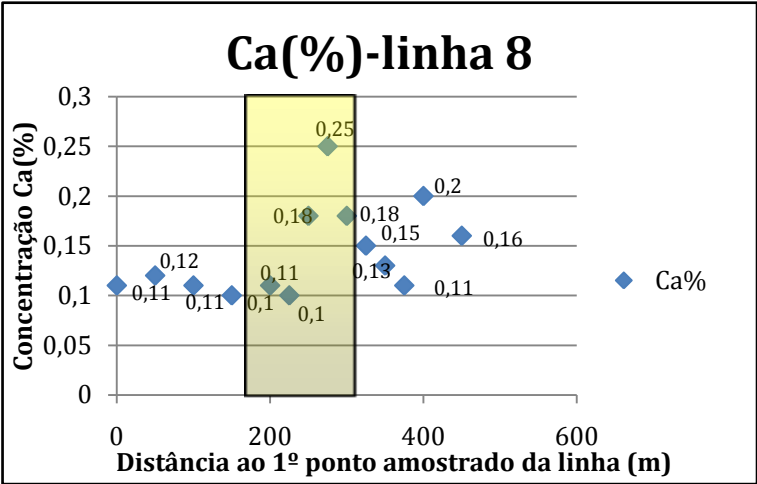


Figura 113 - Gráfico da concentração do elemento Ca – Linha 8

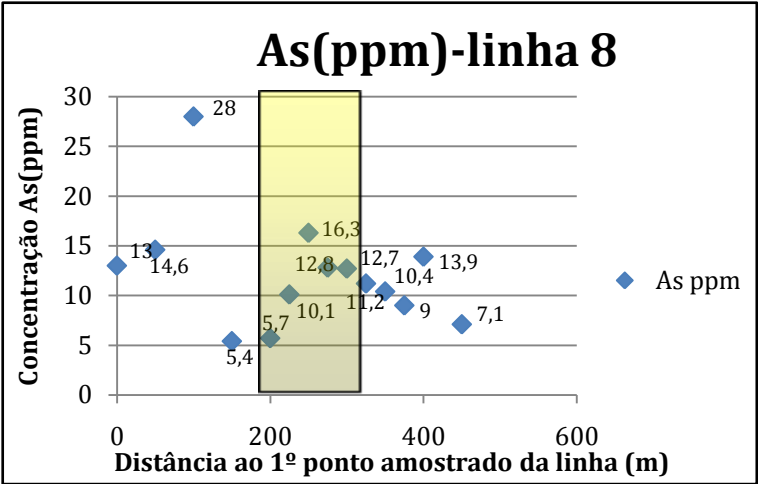


Figura 114 - Gráfico da concentração do elemento As – Linha 8

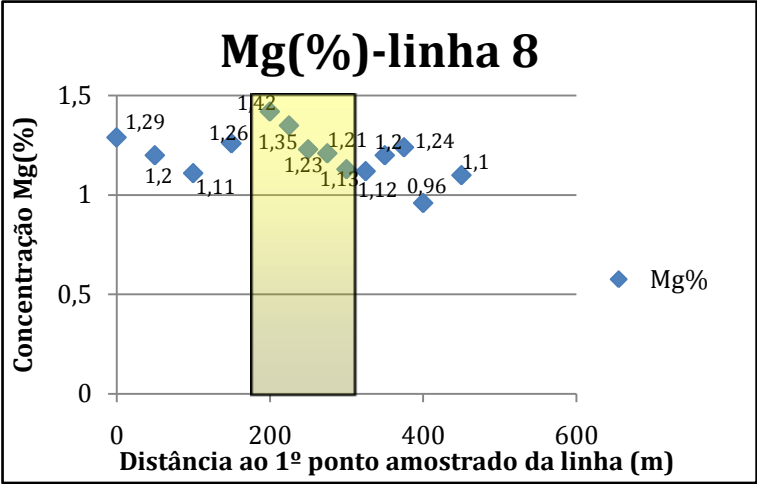


Figura 115 - Gráfico da concentração do elemento Mg – Linha 8

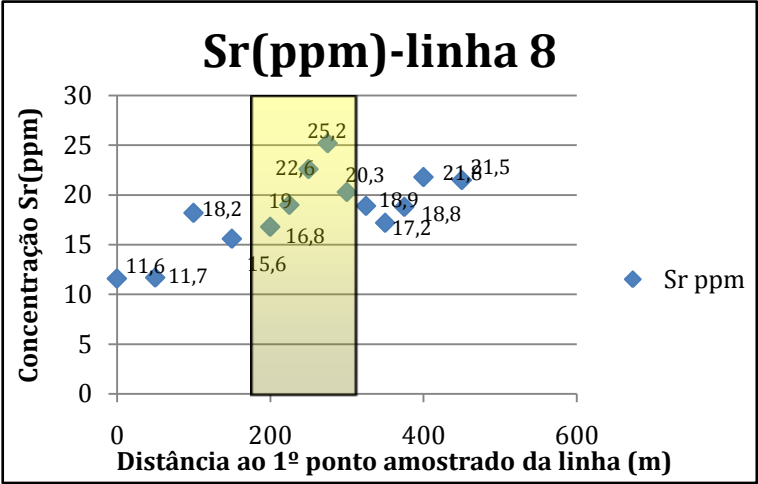


Figura 116 - Gráfico da concentração do elemento Sr – Linha 8

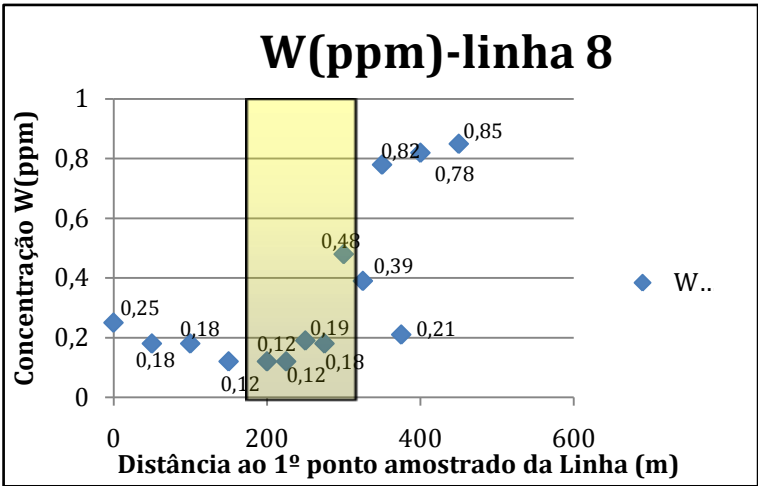


Figura 117 - Gráfico da concentração do elemento W – linha 8

A linha de amostragem 8, em princípio, interceta um corpo de *skarn* assinalado na cartografia agora feita. Contudo, tratando-se de um corpo de muito pequena espessura (que acabou por ser representado por uma linha), optou-se por marcar, nos diagramas respeitantes a esta linha, não esse corpo mas antes a faixa considerada nas restantes linhas de amostragem, com exceção da 5 e da 7.

Quanto ao Ca, quer o valor mais alto registado nesta linha (0.25%) quer o valor mínimo (0.10%) estão dentro dessa faixa. Esta é a linha em que a variação do Ca é menos significativa, pois o máximo é só 2.5 vezes superior ao mínimo, em especial devido ao mínimo aqui ser mais elevado do que o registado habitualmente nas outras linhas. Contudo, o setor a norte da faixa regista valores ligeiramente superiores aos do setor meridional.

Com o Sr, passa-se algo de semelhante: o valor mais alto (25.2 ppm, no interior da faixa) é só um pouco mais do dobro do mais baixo (11.6 ppm, no extremo sul) e o setor a norte da faixa apresenta concentrações um pouco maiores do que as da parte a sul.

O Mg também tem uma variação restrita, mas esta característica é comum a todas as linhas. Além disso, no caso do Mg não se nota qualquer diferença entre os setores a norte e a sul da faixa. O máximo, na linha 8, é de 1.42%, sobre a faixa que prolonga os afloramentos de *skarns*, e o mínimo é de 0.96%, no setor setentrional.

Quanto ao As, este elemento regista um máximo de 28 ppm, no setor sul da linha, e um mínimo de 5.4 ppm, no ponto de amostragem imediatamente a norte do anterior. Nesta linha, não existe nenhum padrão claro de variação do As.

O tungsténio, na linha 8, volta a registar valores que não atingem 1 ppm. O teor relativamente mais alto (0.85 ppm) foi registado no extremo norte da linha, enquanto que o mais baixo (0.12 ppm) foi encontrado quer na faixa de prolongamento dos afloramentos de *skarns*, quer a sul dela. Tal como com o Ca e o Sr, e no W até de modo mais nítido e brusco, as concentrações aumentam de sul para norte. Contudo, há que ter em atenção que todos os valores de W nesta linha são, na verdade, diminutos.

4.4 Conclusões

Dos elementos inicialmente considerados mais relevantes pela empresa, dois deles, enxofre e ouro, acabaram por não merecer uma atenção detalhada neste capítulo, pois os resultados analíticos indicaram concentrações que não foram além do quádruplo dos limites de deteção (0.01 % para o S; 0.005 ppm para o Au) dos métodos utilizados nas análises das amostras colhidas de solos. Nesta fase da prospeção da área de Poço do Canto, não foram, pois, encontrados locais que apontem para situações promissoras de mineralizações de sulfuretos com Au.

Quanto aos restantes elementos, verifica-se que o Ca, o Sr e o W, se apresentam, de modo geral, correlacionados entre si e com a posição dos corpos de *skarns*. Estas correlações são especialmente óbvias quando as linhas de amostragem intercetam efetivamente esses corpos, sendo, aliás, nessas situações que se registam os teores máximos desses elementos (Ca - 0.56%, na linha 7; Sr - 43.9 ppm, na linha 7; W - 35.3 ppm, na linha 5).

Quando esses corpos não estão presentes e se usou, como posição de referência, uma faixa que engloba e prolonga os afloramentos identificados de *skarns*, as correlações tornam-se menos claras, estando os valores máximos de Ca, Sr e W frequentemente fora dessa faixa. Nestas situações, contudo, é habitual poder definir-se um padrão em que os teores desses três elementos tendem a aumentar do setor meridional para o setor setentrional das linhas de amostragem. Note-se que foi identificado um pequeno afloramento de *skarn* a norte da faixa de afloramentos principais, pelo que é de supor que em profundidade existam mais corpos calcossilicatados nesse setor. Também não se pode descartar algum efeito da orografia local, pois os *skarns* afloram em vertentes que descem para norte, pelo que os fragmentos resultantes do seu desmantelamento tenderão, por ação gravítica, a deslocar-se nesse sentido.

Registe-se ainda que, apesar das variações observadas nos teores de W e de se ter identificado scheelite nalgumas amostras estudadas na petrografia, o tungsténio está sistematicamente em concentrações baixas (≤ 35.3 ppm) nas amostras de solos, pelo que os corpos de *skarns* mais superficiais da área de Poço do Canto parecem não manifestar mineralização expressiva, em contraste, por exemplo, com o que sucede com alguns *skarns* da Quinta de São Pedro das Águias, próximo de Tabuaço (Cerejo, 2013).

No que respeita ao As, as concentrações mais elevadas foram obtidas em amostras colhidas sobre corpos cartografados de *skarns* (valor máximo de 189.5 ppm, na linha 7), tal como sucedeu com o Ca, o Sr e o W. Contudo, se forem excluídas as situações de interseção com os corpos cartografados, as variações dos teores de As têm padrões distintos dos dos outros elementos, pois este elemento tende a ocorrer com concentrações relativamente mais elevadas nos setores meridionais, e não nos setentrionais, das linhas de amostragem. Assim, para além do incremento de As associado a mineralização ocorrida nos *skarns*, há um outro tipo de incremento, que parece ser espacialmente independente desses corpos, podendo-se supor que se relacione com hipotéticos veios de quartzo, com alguns sulfuretos e/ou arsenopirite, no seio dos metapelitos.

Os teores de Mg, por seu turno, não manifestam qualquer tipo de correlação com os corpos de *skarns* (seja com os afloramentos, seja com a faixa que os prolonga) nem com as concentrações dos outros elementos analisados. Além disso, a gama de variação das concentrações é estreita, pois, mesmo considerando toda a amostragem, a razão entre os teores máximo e mínimo não chega a ser de 3:1 (máximo - 1.51%, na linha 6; mínimo - 0.54%, na linha 5). Logo, nem os protólitos dos *skarns* deveriam ter uma proporção significativa de carbonato magnésiano nem o metamorfismo foi acompanhado de metassomatismo com enriquecimento em Mg.

5 Trabalhos na área de São Pedro das Águias

O presente documento surge após um estágio curricular levado a cabo na empresa Colt Resources, entre Outubro de 2012 e Julho de 2013, na área de concessão de Armamar- Medã.

As atividades do estágio decorreram em duas áreas de trabalho: São Pedro das Águias e Poço do Canto. Para a área de Poço do Canto, foram efetuados trabalhos de cartografia e geoquímica previamente apresentados nos capítulos 3 e 4 deste relatório. Por sua vez, na área de São Pedro das Águias realizaram-se trabalhos de descrição de sondagens diamantadas.

No presente capítulo, vai ser apresentado um pequeno enquadramento geológico de São Pedro das Águias e os trabalhos desenvolvidos no local. Este enquadramento baseia-se no relatório técnico anual de trabalhos do Projeto de Tungsténio de Tabuaço, NI 43-101, da Colt Resources (SRK Exploration, 2011) e na carta geológica de Moimenta da Beira e na sua respetiva notícia explicativa (Ferreira & Sousa, 1994).

5.1 O depósito de São Pedro das Águias e seu enquadramento geológico

Na Quinta de São Pedro das Águias afloram litologias de duas grandes unidades geológicas da ZCI: o granito de Paredes da Beiras- Tabuaço e o Complexo Xisto-Grauváquico (Faria, 2008).

O granito de Paredes da Beira- Tabuaço é uma fácies que constitui uma faixa com algumas centenas de metros de largura desde Tabuaço até à Quinta de São Pedro das Águias onde se alarga para sueste. Mineralogicamente, este granito é constituído por: quartzo; feldspato potássico, ocorrendo este como microclina; plagioclase; moscovite tardia, sob a forma de sericite. Pode também ocorrer biotite, mas de forma rara; turmalina; sulfuretos dispersos, como arsenopirite e pirite; zircão; apatite; entre outros (Ferreira & Sousa, 1994).

O Complexo Xisto-Grauváquico (CXG), considerado, nesta área, de idade câmbria-inferior, apresenta uma espessura variada e é formado por xistos, meta-arenitos,

metassiltitos, metagrauvaques e intercalações de níveis carbonatados. Embora o CXG nesta zona tenha sofrido metamorfismo regional de grau baixo, na zona da biotite, patenteia metamorfismo de contato que, nas rochas pelíticas, chegou a produzir andaluzite, silimanite e, raramente, cordierite (Ferreira & Sousa, 1994).

As formações do CXG aflorantes nesta região, fazem parte de uma das suas grandes divisões – o Grupo do Douro (Sousa, 1982). Na Quinta de São Pedro das Águias, está presente a unidade basal autóctone desse grupo, ou seja, a Formação de Bateiras (Ferreira & Sousa, 1994), a qual é caracterizada pela presença de xistos negros e rochas de composição calcossilicatadas (por vezes, *skarns*), intercalados nos metassedimentos mais comuns (filitos, quartzofilitos e micaxistos).

De acordo com Borrego (2011), as unidades litológicas que afloram na zona de São Pedro das Águias são:

- Unidade de metapelitos: xistos negros, biotíticos, com alguma pirite e com poucas intercalações calco-silicatadas.
- Unidade de carbonatos: esta é uma unidade bandada, de cor cinza-esverdeada a azulado, de carbonatos e alternâncias de materiais calco-silicatados. Estes materiais são constituídos por finas camadas de carbonatos recristalizados, a que se associam metapelitos, afetados por metamorfismo na fácies dos xistos verdes. Localmente, encontram-se pequenos horizontes de *skarns*, em cuja composição mineralógica, participam plagioclase, quartzo, calcite, granada e vesuvianite, entre outros.
- Unidades de *skarns*: níveis bem desenvolvidos em que as paragénese calcossilicatadas típicas de eventos metassomáticos são dominantes. Em termos de mineralogia estes *skarns* apresentam calcite, quartzo, diópsido, vesuvianite, granada, anfíbolos, minerais do grupo do epidoto e fluorite.
- Unidades de Metapelitos: xistos negros.

Afloram, em São Pedro das Águias uma unidade de granitos intrusivos, constituída por um granito de médio grão, de duas micas ou moscovítico. A principal intrusão granítica é do tipo de duas micas. Estes granitos estão, por vezes, turmalinizados e contêm muitos feldspatos. Os aplitopegmatitos estão presentes em intrusões ou em veios.

Estas unidades litológicas estão em contacto com o batólito de granito na área da Quinta de São Pedro das Águias. Este contacto está associado ao anticlinal de Távora, que apresenta, no seu núcleo, xisto grafitoso, sob um horizonte de xistos biotíticos, que é preenchido por intercalações de carbonatos e *skarns*, por vezes centimétricas ou decimétricas. O metassomatismo que ocorreu nos carbonatos, pode ter dado origem a *skarns* de quartzo, granada, anfíbola e piroxena, sendo estas as principais litologias para a mineralização de W.

No depósito de São Pedro das Águias existem três tipos de unidades que contêm mineralizações em W, que estratigraficamente se apresentam por: um nível superior de carbonatos, uma unidade principal e intermédia de *skarns* e uma unidade inferior de *skarns*.

O nível superior de carbonatos está associado a blocos de calcários muito silicificados. Apresentam uma cor esverdeada e azulada, sendo, este nível denominado pelo código de UCH, pela empresa.

A unidade principal de *skarn* (*Skarn* do tipo M), com o código de SKM, é caracterizada por ter uma cor cinzento-esbranquiçado e azul-roseado. Este nível tem um aspeto maciço e é o nível mais rico em scheelite.



Figura 118 - Exemplar de um *skarn* da unidade principal (do tipo M): SKM

O *skarn* do nível inferior (*Skarn* do tipo L), com o código SKL, apresenta uma textura bandada clássica com uma alternância de cores verde e rosa. Esta textura é característica de um metamorfismo de contacto.

Os dois tipos de *skarn* (tipo M e L) não se encontram adjacentes, podendo estar, entre eles, intercalações de metapelitos e lentículas de carbonatos.



Figura 119 - Exemplar de um *skarn* da unidade inferior (do tipo L): SKL

5.2 Trabalhos realizados durante o estágio

Durante o estágio foram superadas diversas tarefas, em diferentes domínios, com interesses profissional e pessoal. Contudo, o principal contributo dado, durante o período de estágio, foi na descrição de sondagens diamantadas.

A descrição de sondagens diamantadas consiste no processo de retirar toda a informação das carotes de sondagens, havendo diversos métodos para efetuar este processo. Por norma cada empresa adequa um método tendo em conta os seus objetivos, tentando rentabilizar os seus trabalhadores e os prazos delineados. Todas as técnicas que se usam na descrição de sondagens diamantadas são certificadas por uma consultora, de modo a validar os estudos e a conferir mais credibilidade aos mesmos. Isto garante aos possíveis investidores a qualidade do trabalho realizado.

A descrição de sondagens diamantadas é realizada através da atribuição de códigos aos parâmetros analisados. Estes códigos serão introduzidos numa plataforma informática para a visualização de maciços em 3D e para a realização de estudos. De seguida, vai ser

apresentado um exemplo de uma descrição de uma sondagem diamantada, com dados cedidos pela empresa Colt Resources.

5.2.1 Descrição de sondagens diamantadas

O método de descrição de sondagens é dividido em 4 processos:

- Descrição da componente geotécnica;
- Descrição da componente geológica;
- Descrição das densidades da sondagem;
- Realização da amostragem da sondagem.

5.2.1.1 Descrição da componente geotécnica

A descrição geotécnica tem como objetivo avaliar a sondagem ao nível da qualidade do maciço, da meteorização e da fraturação. Simultaneamente é levado a cabo o controlo das manobras e da recuperação de testemunho, que são processos realizados pelo sondador.

5.2.1.1.1 Parâmetros avaliados na descrição geotécnica:

- O total de carote de sondagem que é recuperado, consoante o intervalo da manobra (*Total Core Recovery*).
- O total de carote de sondagem que é recuperado inteiro e que apresente forma cilíndrica (*Solid Core Recovery*).
- O total de carote de sondagem que é recuperado com mais de 10 cm de comprimento, sem fraturas e de forma cilíndrica (RQD).

Total Core Recovery (TCR)	Solid Core Recovery (SCR)	RQD
Total Length of recovered core (m) within geotechnical zone, make sure recovered zone is scrunched.	Total length (m) of pieces of solid intact core (always greater than RQD).	Total length (m) of pieces of intact core >10cm length within geotechnical zone.
Tabela 1 - Regras do TCR, SCR e RQD. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

– Avaliação da meteorização da amostra: esta avaliação é feita através de uma série de códigos. O código R0 corresponde a material que é cortado pela unha, sendo este a base desta classificação. O topo da série corresponde ao código R6 que classifica um material extremamente resistente (que só lasca quando se percutindo diversas vezes com um martelo).

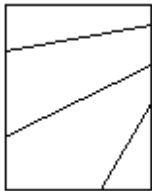
Intact Rock Strengths (IRS)			
Rock Strength			
Code	Description	Field Estimate	UCS (MPa)
R0	Soil Like	Indented by thumbnail	0.25 – 1
R1	Very Weak	Material crumbles under firm blows of geological pick, can be shaped by knife	1 – 5
R2	Weak	Knife cuts material, but too hard to shape into triaxial (cylindrical) specimens	5 – 25
R3	Medium Strong	Firm blow with geological pick indents to 5mm, knife just scrapes surface, (Concrete ca. 35 MPa)	25 – 50
R4	Strong	Hand-held specimen broken by a single blow of geological hammer	50 - 100
R5	Very Strong	Requires many blows of geological hammer to break intact rock specimens	100 - 250
R6	Extremely Strong	Material only chipped under repeated hammer blows, rings when struck	>250
Tabela 2 - Códigos e normas para a classificação da meteorização da amostra. (Tabela cedida pela Colt Resources)			

– Número de fraturas existentes. São consideradas três grupos de fraturas, consoante as suas inclinações:

- Grupo 1: inclui todas as fraturas cujos planos tenham entre 0° e 30° de inclinação;
- Grupo 2: inclui as fraturas que têm planos entre 30° e 60° de inclinação;
- Grupo 3: inclui fraturas com planos entre 60° e 90° de inclinação.

– *Broken Zone*: são zonas que estão completamente fraturadas e onde não se consegue quantificar o número de fraturas que existem. Neste caso é feita uma estimativa visual e atribui-se um valor, tentando que este se aproxime, o mais possível, da realidade.

Este valor pode também ser atribuído através da medição do comprimento da *Broken Zone*, dividindo-o pelo tamanho médio de grão.

Joint Orientation	
	<p>3. $60^{\circ} - 90^{\circ}$</p> <p>2. $30^{\circ} - 60^{\circ}$</p> <p>1. $0^{\circ} - 30^{\circ}$</p>
Joint Count	
Description	
J1 Count of Joints	
J2 Count of Joints	
J3 Count of Joints	
Broken Zone Count = Length of broken zone divided by average fragment size	
Tabela 3 - Normas de classificação das famílias de fraturas. (Tabela cedida pela Colt Resources)	

5.2.1.2 Descrição da componente geológica

A descrição da componente geológica tem como objetivo avaliar as diferentes litologias, estruturas, mineralizações e alterações que existem em cada intervalo, definido pela mudança de litologias e não pelas manobras como na descrição da componente geotécnica.

5.2.1.2.1 Parâmetros analisados na componente geológica - Litologia:

- Litologia dominante;
- Segunda litologia, menos dominante, e à qual é atribuída uma percentagem de acordo com a sua quantidade;

Lithology		
Overburden		OVB
Solution cavity		CAV
Fault, obvious		FLT
Fault, probable		FLP
Fault, Filled with gauge		FLG
Fault Breccia		FBX
Quartz vein		QZV

Quartz-chlorite vein		QCV
Calcite vein		CRV
Feldspar-chlorite vein		FCV
Aplite		APL
Pegmatite		PEG
Granite		GNT
Carbonates, calcschists		CRB
Skarn, L-type (layered, with light greenish & pinkish zones, fine to medium grained)		SKL
Skarn, M-type (layered to massive, whitish to light greyish, medium to coarse grained)		SKM
Skarn, indifferntiated		SKN
Calcsilicate lithology, poorly developed skarn		CSR
Biotite schists		BIX
Biotite schists with psamitic laminations		BLX
Sericitic schists		SRX
Black/dark-grey schists, fine grained		BLS
Migmatites		MGM
Core Loss		CLS
Tabela 4 - Diferentes códigos para as diferentes litologias. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

– Cor da litologia dominante;

Colour		
Grey		gry
Brown		brn
Green		grn
Pink		pin
Black		blk
Orange		org
Purple		pur
Red		red
Blue		blu
White		wht
Yellow		yel
Light		Lit
Dark		Drk
Tabela 5 - Códigos para as diferentes cores. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

– Tamanho do grão da litologia dominante;

Grain size		
bouldery (>256mm)		bld
cobbly (16-256mm)		cbl

pebbly (2-16mm)		pbl
very coarse grained (1-2mm)		vcg
coarse grained (0.5-1.0mm)		cgr
medium grained (0.25-0.5mm)		mgr
fine grained (0.06-0.25mm)		fgr
very fine grained (0.03 - 0.06mm)		cfg
0.004-0.03mm (fine - med Ssl)		slt
<0.004mm (mudstone)		mud
Tabela 6 - Códigos para os diferentes tamanhos de grão. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

Textura da litologia dominante;

Texture		
Migmatitic		mig
Aphanitic		aph
Porphyritic		por
Porphyroid		pfd
Schistose		sxt
Gneissic		gns
Granitic		grn
Aplitic		apl
Pegmatitic		peg
Spotted		spt
Vuggy		vug
Layered		lrd
Folded		fld
Granular		gra
Tabela 7 - Códigos para as diferentes texturas. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

– Meteorização existente.

Weathering		
Fresh		frs
Fracture Oxidation		fox
Weakly weathered		ww
Moderately weathered		mwe
Highly weathered		hwe
Extremely weathered		ewe
Tabela 8 - Códigos para a meteorização. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

5.2.1.2.2 Parâmetros analisados na componente geológica - Estrutura:

- Tipo de estrutura presente;

Type		
Bedding (S0)		bed
Schistosity (S1)		sxi
Clevage (Sc)		cle
Fracture/ed		fra
Fault		flt
Shearing		she
Joints		jnt
Fold axis		fax
Veins		vns
Lineation Unspecified		lin
Vein/Dyke contact		vdc
Tabela 9 - Códigos para as diferentes estruturas. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

- Inclinação. (Caso a sondagem seja orientada, pode-se também medir a direção das estruturas);

Dip		
		0-90
Tabela 10 - Intervalo de valores da inclinação. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

- Preenchimento por outra matéria.

Description		
with clay fill		cla
with calcite fill		clc
with Fe oxides fill		feo
Slickensides		slk
filled with soil		soi
Tabela 11 - Códigos para o preenchimento por diferentes materiais. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

5.2.1.2.3 Parâmetros analisados na componente geológica - Mineralização:

- Tipo de mineralização;

Minerals		
Scheelite		sch
Cassiterite		cas
Pyrite		pyr
Arsenopyrite		apy

Wolframite		wlf
Tourmaline		tml
Fe Oxides		feo
Autunite		aut
Tabela 12 - Códigos para as diferentes mineralizações existentes. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

- Distribuição da mineralização;

Type		
Layered		lrd
Veins		vns
Veinlet		vnf
Skarn		skn
Disseminated		dss
Massive		mas
Tabela 13 - Códigos da distribuição da mineralização. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

- Percentagem de mineralização;

Percentage		
		0-100
Tabela 14 - Intervalo de valores da percentagem de mineralização existente. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

- Quantidade de mineralização;

Quantity		
Scarce		sca
Very low		vlo
Low		low
Medium		med
High		hig
Very high		vhi
Tabela 15 - Códigos para a quantidade de mineralização. (Tabela cedida pela Colt Resources)		

- Intervalo de profundidade da mineralização.

5.2.1.2.4 Parâmetros analisados na componente geológica - Alteração:

- Tipo de alteração;

Type		
Argillic		arg
Carbonaceous		crb

Silicious	sil
Sericitic	ser
Chloritic	chl
Phyllitic	phl
Epidote	epi
Muscovite	mus
Biotite	bio
Tabela 16 - Códigos para os diferentes tipos de alterações. (Tabela cedida pela Colt Resources)	

Intensidade da alteração;

Intensity	
intense (>50%)	int
strong (30-50%)	str
moderate (5-30%)	mdr
weak (1-5%)	wea
Trace	tra
Variable	var
Tabela 17 - Códigos para as diferentes intensidades da alteração. (Tabela cedida pela Colt Resources)	

– Estilo da alteração;

Style	
Disseminated	dss
Pervasive	per
Veins	vns
Stockworks	stk
patches, pods	ptc
bands, bedding controlled	bnd
Foliation Controlled	fol
fracture controlled	fra
Peg	peg
Tabela 18 - Códigos para o estilo que a alteração apresenta. (Tabela cedida pela Colt Resources)	

5.2.1.3 Descrição das densidades da sondagem

A descrição das densidades da sondagem é um método importante pois é um bom indicador da presença de rochas e minerais com grande densidade.

Por exemplo, como o tungsténio é um elemento muito denso, com a simples tarefa de pesar a amostra seca e voltar a pesá-la quando está submersa por água, consegue-se

saber se a amostra contém minerais densos, isto é, se contém minerais com W. Para calcular a densidade, através deste método, usa-se a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Peso da amostra seca}}{\text{Peso da amostra seca} - \text{Peso da amostra submersa}} = \text{Densidade da amostra}$$

5.2.1.4 Amostragem da sondagem

A amostragem é o último parâmetro da descrição de uma sondagem. Esta amostragem consiste na recolha de um certo número de amostras da sondagem para obtenção de dados geoquímicos representativos. A cada amostra é atribuído um código. Por norma, amostras que estão fora da zona mineralizada são espaçadas de dois em dois metros, enquanto as amostras dentro da zona mineralizada são espaçadas de um em um metro. Para melhor controlo laboratorial, em cada lote para análise são intercaladas amostra padrões, para as quais são conhecidas as concentrações de tungsténio.

5.2.2 Apresentação dos dados reais de uma sondagem

Os dados a seguir apresentados referem-se a uma sondagem realizada em São Pedro das Águias, no projeto de prospeção de Tabuaço da Colt Resources. Esta sondagem foi terminada a 18/09/2011.

Nesta sondagem foram usados dois diâmetros de furo. O HQ, dos 0m aos 90,15m e o NQ dos 90,15m até aos 163,35m.

A tabela seguinte contém os dados de descrição da componente geológica:

Lithology limits				Lithology							
Depth From	Depth To	Logged interval		Main Unit	Lithology 1	Lithology 2	Lithology 2 Lithology 2 (%)	Colour	Grain Size	Texture	Weathering
0	2,73	2,73			OVb						
2,73	7,42	4,69			GRN			wht	mgr	grn	wwe
7,42	8,15	0,73			GRN			brn	mgr	grn	hwe

8,15	18	9,85			GRN	FLT	40	brnwht			ewe
18	19,34	1,34			BIX			brn	fgr	sxt	hwe
19,34	23,05	3,71			BIX	SKN	20	grybrn	fgr	sxt	hwe
23,05	26	2,95			BIX	SKN	10	grybrn	fgr	sxt	hwe
26	28,65	2,65			BIX	FLT	10	brn			ewe
28,65	31,3	2,65			BIX	SKN	20	brn	fgr	sxt	ewe
31,3	33,15	1,85			BIX	CSR	10	grybrn	fgr	sxt	hwe
33,15	34,1	0,95			SKN			whtbrn	mgr	lrd	hwe
34,1	38,4	4,3			BIX	CSR	3	grybrn	fgr	sxt	mwe
38,4	43,8	5,4			FLT	FBX	40	gry			ewe
43,8	50,9	7,1			FLT	BIX	30	grybrn			ewe
50,9	52,55	1,65			BIX	CSR	15	grygrn	fgr	sxt	mwe
52,55	53,22	0,67			SKL	BIX	10	grnpin	mgr		wwe
53,22	54,86	1,64			BIX	CSR	40	grygrn	fgr	sxt	wwe
54,86	58,35	3,49		UCH	CRB	FLT	15	gry	mgr	lrd	mwe
58,35	60,95	2,6		UCH	CRB	SKL	20	grypin		fld	fox
60,95	65,25	4,3		UCH	CRB			grywht	fgr	lrd	fox
65,25	75,6	10,35		UCH	CRB	CSR	20	grybrn	mgr	fld	frs
75,6	80,63	5,03		UCH	CRB	SKL	40	grypin	cgr	fld	frs
80,63	88,28	7,65			BIX	CSR	10	gry	fgr	sxt	wwe
88,28	91,6	3,32			APL			wht	mgr	apl	wwe
91,6	104	12,4			BIX			litgry	fgr	sxt	wwe
104	106,54	2,54			APL			wht	mgr	apl	fox
106,54	112,11	5,57			BIX			grngry	fgr	sxt	frs
112,11	115,7	3,59			APL			whtgrn	fgr	apl	frs
115,7	116,45	0,75			CSR	BIX	30	grngry	fgr	lrd	frs
116,45	123,5	7,05			BIX	QZV	2	gry	fgr	sxt	frs
123,5	124,33	0,83			BIX	CSR	10	grygrn	fgr	sxt	frs
124,33	127,5	3,17		MSH	SKL	SKM	30	grnpur	mgr	lrd	frs

127,5	129,7	2,2		MSH	SKM			prypur	mgr	lrd	frs
129,7	131,1	1,4			SKL	BIX	10	grngry	mgr	lrd	frs
131,1	133,87	2,77			BIX	CSR	5	grygrn	fgr	sxt	frs
133,87	137,65	3,78		MSH	SKM	APL	10	grypur	cgr		frs
137,65	139,26	1,61		MSH	SKM	SKL	20	grnpin	mgr	lrd	frs
139,26	141,28	2,02			BIX	QZV	2	gry	fgr	sxt	frs
141,28	141,71	0,43			APL			gry	mgr	apl	frs
141,71	142,08	0,37			BIX			gry	fgr	sxt	frs
142,08	142,54	0,46			SKL			grnpin	mgr	lrd	frs
142,54	144,15	1,61			BIX	CSR	10	grygrn	fgr	sxt	frs
144,15	145,37	1,22			APL			gry	mgr	apl	frs
145,37	146,15	0,78			BIX			gry	fgr	sxt	frs
146,15	147,7	1,55			FLT	BIX	40	grn			ewe
147,7	163,35	15,65			BIX	BLS	5	drkgry	fgr	sxt	frs
											E.O.H.

Tabela 19 - Dados das diferentes litologias e intervalos de manobras na sondagem. (Tabela cedida pela Colt Resources)

As informações mais importantes a reter desta tabela são as variações litológicas, com especial destaque para as bancadas métricas de *skarn* do tipo principal

Nota: As litologias em destaque são as que podem estar mineralizadas.

A tabela seguinte contém os dados de descrição da estrutura e mineralização da sondagem de São Pedro das Águias anteriormente referida:

Lithology limits			Structure				Mineralization				
Depth From	Depth To	Logged interval	Structure Type	Dip	Description	Depth	Mineral	Type	%	Depth from	Depth to
0	2,73	2,73									
2,73	7,42	4,69					aut	dss	0,1	5	6,65
7,42	8,15	0,73									
8,15	18	9,85									

18	19,34	1,34			sxi	85	feo	18,45						
19,34	23,05	3,71			fra					sch	skn	0,1	21,5	21,6
23,05	26	2,95			fra									
26	28,65	2,65			fra									
28,65	31,3	2,65			fra									
					sxi	85	feo	29,7						
31,3	33,15	1,85			sxi	85	feo	31,5		sch	vns	0,5	32,6	32,7
33,15	34,1	0,95			bed	45		33,3		sch	skn	1	33,15	34,1
34,1	38,4	4,3			fra									
38,4	43,8	5,4												
43,8	50,9	7,1			fra									
50,9	52,55	1,65			fax	75		52						
52,55	53,22	0,67								sch	skn	0,1	52,95	53,05
53,22	54,86	1,64												
54,86	58,35	3,49			bed	80		54,9						
					bed	70		57,85						
58,35	60,95	2,6			bed	75		59,15		sch	skn	0,2	60,3	60,6
60,95	65,25	4,3			bed	55		60,96						
					bed	50		62,6						
					bed	65		64,3						
65,25	75,6	10,35								sch	dss	0,5	64,52	75,6
75,6	80,63	5,03								sch	skn	0,5	75,6	76,2
										sch	skn	0,1	76,2	80,63
80,63	88,28	7,65			sxi	10		82,6		sch	dss	0,1	85,9	86
					sxi	20		83		sch	dss	0,1	86,8	86,95
					bed	60		87,7		sch	dss	0,1	97,6	87,7
88,28	91,6	3,32								pyr	dss	0,3		
91,6	104	12,4			sxi	20		91,7		apy	dss	1	89,8	99

				sxi	60		95,7						
				sxi	30		96,5						
				sxi	80		97,8						
				sxi	70		98,8						
				sxi	45		99,7						
				sxi	65		101,7						
				fax	70		102,65						
104	106,54	2,54							pyr	dss	0,5		
106,54	112,11	5,57		sxi	45	feo	107,7		apy	dss	0,3	111,5	112
				sxi	45	feo	108,6						
				sxi	5		110						
				sxi	5		110,9						
112,11	115,7	3,59											
115,7	116,45	0,75		sxi	5		116						
				bed	45		116,3						
116,45	123,5	7,05		sxi	20		118,9		pyr	fol	0,1		
				sxi	10		120,1						
				sxi	50		122,8						
123,5	124,33	0,83		sxi	50		123,7		sch	dss	0,1		
124,33	127,5	3,17		bed	65		124,4		sch	skn	1	124,33	125,35
				bed	60		125,5		sch	skn	0,1	125,4	125,7
				bed	55		126,45		sch	skn	1	125,7	126,6
				bed	60		127,3		sch	skn	0,1	126,85	127,5
127,5	129,7	2,2		bed	50		129,1		sch	skn	5	127,5	128,76
				bed	75		129,65						

129,7	131,1	1,4								sch	skn	0,5	130,32	131,03
131,1	133,87	2,77			sxi	70		131,2		sch	dss	0,1	132,6	132,7
					bed	70		133,86						
133,87	137,65	3,78			bed	70		135,25		sch	skn	1	134,7	135,9
					bed	60		135,8		sch	skn	1	136,6	137,65
					bed	60		137,08						
137,65	139,26	1,61			bed	75		139,2		sch	skn	1	137,65	139,26
139,26	141,28	2,02			sxi	75		140,25		sch	vns	0,5	139,4	139,45
141,28	141,71	0,43												
141,71	142,08	0,37			sxi	65		141,8						
142,08	142,54	0,46			bed	60		142,2		sch	skn	0,1		
142,54	144,15	1,61			bed	55		142,8						
					sxi	45		144						
144,15	145,37	1,22												
145,37	146,15	0,78			sxi	65		145,75						
146,15	147,7	1,55												
147,7	163,35	15,65			sxi	65		152		apy	dss	0,1		
					sxi	70		154,85		pyr	fol	0,1		
					sxi	65		157						
					sxi	65		160						
					sxi	65		163,2						
														E.O.H.

Tabela 20 - Dados sobre as mineralizações e sobre as estruturas presentes em toda a sondagem. (Tabela cedida pela Colt Resources)

Nesta tabela, como se pode observar, foram registadas as diferentes estruturas que existem, tais como xistosidades, a estratificação e, a fraturas e as relações geométricas entre elas.

Relativamente à mineralização conclui-se que ocorrem mineralizações de scheelite, arsenopirite, pirite e autunite. As células em destaque representam as maiores concentrações de scheelite.

Nota: existe um intervalo litológico em que a concentração de scheelite atribuída, por uma estimativa visual, foi de 5%, o que é muito considerável.

A seguinte tabela contém os dados de descrição da componente da alteração observada nas litologias amostradas na sondagem anteriormente referida:

Lithology limits					Alteration				
Depth From	Depth To	Logged interval			Alt 1 Type	Alt1_Intensity	Alt1_Style	Depth from	Depth to
0	2,73	2,73							
2,73	7,42	4,69							
7,42	8,15	0,73							
8,15	18	9,85							
18	19,34	1,34							
19,34	23,05	3,71							
23,05	26	2,95							
26	28,65	2,65							
28,65	31,3	2,65							
31,3	33,15	1,85							
33,15	34,1	0,95							
34,1	38,4	4,3							
38,4	43,8	5,4							
43,8	50,9	7,1							
50,9	52,55	1,65			chl	Mdr	fol		
52,55	53,22	0,67							
53,22	54,86	1,64			chl	Wea	per		

				sil	Str	per		
54,86	58,35	3,49		sil	Int	per		
				chl	Mdr	bnd		
58,35	60,95	2,6		sil	Int	per		
60,95	65,25	4,3		sil	Int	per		
65,25	75,6	10,35		sil	Int	per		
75,6	80,63	5,03		sil	Int	per		
80,63	88,28	7,65		sil	Wea	per		
				sil	Str	bnd		
				chl	Wea	bnd		
88,28	91,6	3,32		sil	Mdr	per		
91,6	104	12,4		chl	Mdr	per		
104	106,54	2,54		sil	Wea	per		
106,54	112,11	5,57		chl	Mdr	bnd		
				sil	Wea	per		
				ser	Wea	fra		
				crb	Wea	fra		
112,11	115,7	3,59		sil	Str	per		
				chl	Wea	per		
				chl	Mdr	bnd		
115,7	116,45	0,75		chl	Mdr	fra		
116,45	123,5	7,05		chl	Wea	bnd		
				crb	Wea	fra		
123,5	124,33	0,83		sil	Mdr	per		
				sil	Str	bnd		
				chl	Wea	bnd		
124,33	127,5	3,17						
127,5	129,7	2,2						
129,7	131,1	1,4						

131,1	133,87	2,77		sil	Mdr	per		
133,87	137,65	3,78						
137,65	139,26	1,61						
139,26	141,28	2,02		sil	Mdr	per		
				sil	Str	vns		
141,28	141,71	0,43		sil	Str	per		
				chl	Wea	per		
141,71	142,08	0,37		sil	Wea	per		
142,08	142,54	0,46						
142,54	144,15	1,61		sil	Str	bnd		
				sil	Mdr	per		
144,15	145,37	1,22		sil	Str	per		
				chl	Wea	per		
145,37	146,15	0,78		sil	Wea	per		
146,15	147,7	1,55						
147,7	163,35	15,65		sil	Wea	per		
				sil	Mdr	fra		
				chl	Mdr	fra		
								E.O.H.
Tabela 21 - Dados sobre as alterações presentes na sondagem. (Tabela cedida pela Colt Resources)								

Nesta sondagem são evidentes dois tipos mais importantes de alteração: a silicificação e a cloritização.

A seguinte tabela contém os dados de descrição da amostragem da sondagem anteriormente referida:

No.	Sample_Id	Depth From	Depth To	Width	Recovery	Weight	Sample type	Sample condition	Comments
1	CR-104095	31,15	33,15	2,00	1,70	6,100	half core	B	BIX
2	CR-104096	33,15	34,10	0,95	0,85	3,178	half core	B	SKN

3	CR-104097	34,10	36,10	2,00	1,75	6,246	half core	B	BIX
4	CR-104098	50,55	52,55	2,00	1,75	6,549	half core	B	BIX
5	CR-104099	52,55	53,55	1,00	0,90	3,951	half core	B	SKL+BIX
6	CR-104100	53,55	54,86	1,31	1,00	4,122	half core	B	SKL+BIX+CSR
7	CR-104101	54,86	55,86	1,00	0,90	3,152	half core	B	CRB+FLT(?)
8	CR-104102	55,86	56,86	1,00	0,90	3,464	half core	B	CRB
9	CR-104103	56,86	58,35	1,49	1,25	4,919	half core	B	CRB
10	CR-104104	58,35	59,35	1,00	0,90	3,786	half core	B/S	CRB+SKL
11	CR-104105	59,35	60,95	1,60	1,55	6,816	half core	S/B	CRB+SKL
12	CR-104106	60,95	62,95	2,00	2,00	8,435	half core	S/B	CRB
13	CR-104107	62,95	65,25	2,30	1,50	6,155	half core	B	CRB (cavity 64,40?)
14	CR-104108					0,077	standard		Standard W108
15	CR-104109	65,25	66,25	1,00	0,95	4,660	half core	B	CRB+CSR+SKN
16	CR-104110	66,25	67,25	1,00	0,95	4,390	half core	B	CRB+CSR+SKN
17	CR-104111	67,25	68,25	1,00	0,78	2,728	half core	B	CRB+CSR+SKN
18	CR-104112	68,25	69,25	1,00	0,88	3,962	half core	B/S	CRB+CSR+SKN
19	CR-104113	69,25	70,25	1,00	1,00	4,336	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
20	CR-104114	70,25	71,25	1,00	1,00	4,258	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
21	CR-104115	71,25	72,25	1,00	1,00	4,499	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
22	CR-104116	72,25	73,25	1,00	1,00	3,985	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
23	CR-104117	73,25	74,25	1,00	1,00	4,128	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
24	CR-104118	74,25	75,25	1,00	1,00	4,510	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
25	CR-	75,25	76,25	1,00	1,00	4,320	half	S/B	CRB+CSR+SKN

	104119						core		
26	CR-104120	76,25	77,25	1,00	1,00	4,124	half core	B/S	CRB+CSR+SKN
27	CR-104121	77,25	78,25	1,00	0,73	3,214	half core	B	CRB+CSR+SKN
28	CR-104122	78,25	79,25	1,00	1,00	4,484	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
29	CR-104123	79,25	80,63	1,38	1,38	6,734	half core	S/B	CRB+CSR+SKN
30	CR-104124					0,678	blank		Blank
31	CR-104125	80,63	82,63	2,00	1,90	7,639	half core	B/S	BIX+CSR
32	CR-104126	82,63	84,63	2,00	1,80	7,825	half core	B	BIX+CSR
33	CR-104127	84,63	86,63	2,00	2,00	8,460	half core	B	BIX+CSR
34	CR-104128	86,63	88,28	1,65	1,40	5,933	half core	B	BIX+CSR
35	CR-104129	119,50	121,50	2,00	1,75	4,053	half core	B/S	BIX
36	CR-104130	121,50	123,50	2,00	2,00	4,624	half core	B/S	BIX+QTZ
37	CR-104131	123,50	124,33	0,83	0,83	2,260	half core	B/S	BIX+CSR
38	CR-104132	124,33	125,33	1,00	0,90	2,431	half core	B/S	SKL+SKM
39	CR-104133	125,33	126,10	0,77	0,75	2,217	half core	B	SKL+SKM
40	CR-104134	126,10	127,45	1,35	1,35	2,822	half core	B	CRB+SKL(?)
41	CR-104135	127,45	128,45	1,00	0,98	3,186	half core	B/S	SKM+SKL
42	CR-104136	128,45	129,70	1,25	1,25	3,623	half core	B/S	SKM+SKL
43	CR-104137	129,70	131,10	1,40	1,35	3,311	half core	B/S	SKL+BIX
44	CR-104138	131,10	132,10	1,00	0,90	2,250	half core	B	BIX + CSR
45	CR-104139					0,077	standard		Standard W106
46	CR-104140	132,10	133,87	1,77	1,73	4,442	half core	B	BIX+CSR
47	CR-104141	133,87	134,87	1,00	1,00	2,478	half core	B	SKM+SKL

48	CR-104142	134,87	135,87	1,00	0,98	2,393	half core	B/S	SKM+SKL
49	CR-104143	135,87	136,87	1,00	0,98	2,344	half core	B/S	APL+SKM
50	CR-104144	136,87	137,87	1,00	0,97	2,612	half core	S/B	SKM+SKL
51	CR-104145	137,87	139,26	1,39	1,34	3,972	half core	B/S	SKL+SKM(?)
52	CR-104146					0,522	blank		Blank
53	CR-104147	139,26	141,26	2,00	1,95	4,408	half core	B	BIX+ QTZ
54	CR-104148	141,26	142,54	1,28	1,28	3,335	half core	B	BIX+APL+SKL
55	CR-104149	142,54	144,15	1,61	1,55	3,776	half core	B	BIX+CSR
Tabela 22 - Dados sobre a amostragem que se fez na sondagem. (Tabela cedida pela Colt Resources)									

Os intervalos de amostragem que sofreram mineralização são seccionados de 1 em 1 metro e os que não contêm mineralização, de 2 em 2 metros.

Nota: por vezes os referidos intervalos são alterados para as amostras coincidirem com o início e o fim de manobras.

A seguinte tabela contém os dados de descrição das densidades da sondagem anteriormente referida:

BHID	From (m)	To (m)	Interval (m)	Core diameter	Weight dry (g)	Weight submerged (g)	Specific Gravity	Geology
DHT-36	4,20	4,50	0,30	116	4635	2747	2,45	GRN
DHT-36	5,54	5,76	0,22	116	3620	2191	2,53	GRN
DHT-36	5,76	6,00	0,24	116	3869	2343	2,54	GRN
DHT-36	6,43	6,57	0,14	116	2899	1758	2,54	GRN
DHT-36	6,65	6,90	0,25	116	4138	2525	2,57	GRN
DHT-36	20,35	20,46	0,11	HQ	875	545	2,65	SKN
DHT-36	21,50	21,76	0,26	HQ	2248	1491	2,97	SKN
DHT-36	21,81	21,87	0,06	HQ	1515	998	2,93	SKN
DHT-36	36,58	36,85	0,27	HQ	2278	1476	2,84	BIX+CSR
DHT-36	51,72	51,91	0,19	HQ	1647	1071	2,86	BIX+CSR
DHT-36	51,91	52,20	0,29	HQ	2536	1638	2,82	BIX+CSR
DHT-36	52,20	52,43	0,23	HQ	2176	1425	2,90	BIX+CSR
DHT-36	52,55	52,90	0,35	HQ	3627	2396	2,95	BIX+SKL
DHT-36	52,90	53,14	0,24	HQ	2519	1734	3,21	SKL

DHT-36	55,03	55,23	0,20	HQ	1773	1109	2,67	CRB
DHT-36	56,50	56,69	0,19	HQ	1339	797	2,47	CRB
DHT-36	56,69	56,83	0,14	HQ	1246	758	2,55	CRB
DHT-36	77,78	77,96	0,18	HQ	1524	951	2,66	CRB
DHT-36	77,96	78,16	0,20	HQ	1765	1096	2,64	CRB
DHT-36	58,38	58,70	0,32	HQ	2831	1875	2,96	CRB+SKL
DHT-36	58,90	59,24	0,34	HQ	3158	2074	2,91	CRB+SKL
DHT-36	59,24	59,60	0,36	HQ	3512	2345	3,01	CRB+SKL
DHT-36	59,85	60,25	0,40	HQ	3600	2295	2,76	CRB+SKL
DHT-36	60,25	60,66	0,41	HQ	3813	2532	2,98	CRB+SKL
DHT-36	60,95	61,15	0,20	HQ	1969	1272	2,82	CRB
DHT-36	61,15	61,44	0,29	HQ	2490	1593	2,78	CRB
DHT-36	61,44	61,70	0,26	HQ	2320	1489	2,79	CRB
DHT-36	61,70	62,07	0,37	HQ	2961	1891	2,77	CRB
DHT-36	62,35	62,54	0,19	HQ	1676	1065	2,74	CRB
DHT-36	62,60	62,82	0,22	HQ	1826	1158	2,73	CRB
DHT-36	62,82	63,11	0,29	HQ	2233	1400	2,68	CRB
DHT-36	63,11	63,41	0,30	HQ	2608	1655	2,74	CRB
DHT-36	63,41	63,56	0,15	HQ	1108	700	2,72	CRB
DHT-36	63,56	63,68	0,12	HQ	1173	740	2,71	CRB
DHT-36	63,68	63,83	0,15	HQ	1295	813	2,69	CRB
Tabela 23 - Dados de densidades da sondagem. (Tabela cedida pela Colt Resources)								

Foram escolhidas amostras ao longo da sondagem para serem determinadas as densidades que apresentam.

Os valores em destaque na tabela anterior representam, à partida, as amostras que apresentam a maior quantidade de scheelite, porque têm uma densidade superior à esperada, que seria cerca de 2,6 g/cm³.

Nota: a densidade média de um *skarn* de 2,9g/cm³.

A seguinte tabela contém os dados de descrição da componente geotécnica da sondagem anteriormente referida:

Interval Data				Recovery Data			STRENGTH	Group 1: 0°- 30°	Group 2: 30°- 60°	Group 3: 60°- 90°	Broken Zone Count
BHID	FROM (m)	TO (m)	LENGTH (m)	Total Core Recovery (m)	Solid Core Recovery (m)	RQD (m)		JOINT COUNT	JOINT COUNT	JOINT COUNT	
DHT-36		1	1	0,85			R0				
DHT-36	1	2,3	1,3	0,8	0,07		R1		4	5	
DHT-36	2,3	3,05	0,75	0,6	0,25	0,25	R1		1		
DHT-36	3,05	4,5	1,45	1,5	0,80	0,71	R1		2	4	
DHT-36	4,5	6	1,5	1,5	1,27	1,27	R3			4	
DHT-36	6	6,65	0,65	0,65	0,39	0,23	R3		4	5	
DHT-36	6,65	8,15	1,5	1,5	0,79	0,65	R1	1	6		
DHT-36	8,15	8,9	0,75	0,6			R0				
DHT-36	8,9	10,2	1,3	1,2			R0				
DHT-36	10,2	11,7	1,5	1,5	0,07		R0		1	1	
DHT-36	11,7	12,95	1,25	0,9			R0				
DHT-36	12,95	13,65	0,7	0,7			R0				
DHT-36	13,65	15,1	1,45	0,25			R0				
DHT-36	15,1	15,65	0,55	0,55			Scvs				
DHT-36	15,65	16,15	0,5	0,55			R0				
DHT-36	16,15	17	0,85	0,6			SCs		1	1	
DHT-36	17	18,15	1,15	0,4			R0				
DHT-36	18,15	18,45	0,3	0,2			R0	1		6	
DHT-36	18,45	19,45	1	1	0,28	0,13	R3	2	2	13	8
DHT-36	19,45	19,65	0,2	0,1			R0				5
DHT-36	19,65	20,05	0,4	0,2			R2				8
DHT-36	20,05	23,05	3	1,35	0,36	0,1	R0	1	4	15	15
DHT-36	23,05	24,4	1,35	0,75			R0	1	1	7	20
DHT-36	24,4	26	1,6	1,35	0,23	0,12	R0	2	2	14	30
DHT-36	26	26,9	0,9	0,7			R0				100
DHT-36	26,9	28,45	1,55	1,3			R0			4	80
DHT-36	28,45	29,5	1,05	0,75	0,16		R1	2	2	3	20
DHT-36	29,5	29,75	0,25	0,25	0,18		R0		1	3	3
DHT-36	29,75	30,8	1,05	0,9	0,15		R0			11	50
DHT-36	30,8	31,45	0,65	0,5	0,09		R0	2		5	50
DHT-36	31,45	31,85	0,4	0,33	0,30		R3			7	
DHT-36	31,85	32,35	0,5	0,5	0,06		R3	1	2	6	10

DHT-36	32,35	33,15	0,8	0,3	0,09		R3	1	2	4	10
DHT-36	33,15	34,05	0,9	0,9	0,04		R3	1	3	6	8
DHT-36	34,05	35,9	1,85	1,85	0,22	0,12	R3	4	1	13	10
DHT-36	35,9	36,85	0,95	0,95	0,18		R3	3	6	4	8
DHT-36	36,85	37,8	0,95	0,65	0,21	0,21	R1	1	1	3	4
DHT-36	37,8	39,75	1,95	1,45	0,29	0,25	R1	2	1	12	15
DHT-36	39,75	40,6	0,85	0,85			R1				25
DHT-36	40,6	41,7	1,1	0,91	0,55	0,55	R1				50
DHT-36	41,7	43,5	1,8	1,85	1,34	1,27	R2				50
DHT-36	43,5	44,85	1,35	1,3	0,18		R3	1	8	5	10
DHT-36	44,85	45,4	0,55	0,55			R3	2	2		15
DHT-36	45,4	45,8	0,4	0,35	0,05		R2		1	3	6
DHT-36	45,8	46,4	0,6	0,6	0,20	0,14	R3			4	20
DHT-36	46,4	47,25	0,85	0,75			R3	1	2		20
DHT-36	47,25	47,45	0,2	0,15			R3				20
DHT-36	47,45	47,85	0,4	0,3			R3		2	2	30
DHT-36	47,85	48	0,15	0,13	0,05		R3			2	10
DHT-36	48	48,9	0,9	0,8			R3				50
DHT-36	48,9	49,3	0,4	0,3			R1		1	1	15
DHT-36	49,3	49,85	0,55	0,45			R3		1	1	15
DHT-36	49,85	50,45	0,6	0,45	0,12	0,12	R1		2	1	8
DHT-36	50,45	50,95	0,5	0,4			R2				20
DHT-36	50,95	51,35	0,4	0,32	0,11		R3			5	8
DHT-36	51,35	52,65	1,3	1,26	0,72	0,66	R3		3	9	5
DHT-36	52,65	53,25	0,6	0,6	0,19	0,12	R3		3	2	2
DHT-36	53,25	56,3	3,05	2,75	0,96	0,2	R3		8	7	8
DHT-36	56,3	58,85	2,55	2,5	1,51	1,11	R4	1	1	14	4
DHT-36	58,85	59,85	1	0,9	0,85	0,85	R5			2	
DHT-36	59,85	62,3	2,45	2,5	2,18	2,11	R5		5	1	
DHT-36	62,3	64,25	1,95	1,6	1,02	0,78	R4	2	9	2	5
DHT-36	64,25	65,8	1,55	0,87	0,55	0,25	R4		1	9	
DHT-36	65,8	66,7	0,9	0,83	0,29	0,1	R4		5	9	10
DHT-36	66,7	66,85	0,15	0,15			R4				8
DHT-36	66,85	67,05	0,2	0,2	0,05		R4		3		8
DHT-36	67,05	68,5	1,45	1,3	0,87	0,81	R5	1	1	5	
DHT-36	68,5	69,1	0,6	0,57	0,53	0,53	R5			2	
DHT-36	69,1	71,3	2,2	2,27	2,17	2,17	R5		2	5	
DHT-36	71,3	74,3	3	2,99	2,86	2,86	R5		2	6	
DHT-36	74,3	76,2	1,9	1,94	1,41	1,17	R5	1	2	6	
DHT-36	76,2	78,41	2,21	1,77	1,52	1,4	R5		3	4	5
DHT-36	78,41	80,35	1,94	1,96	1,74	1,74	R4	1		5	
DHT-36	80,35	82,9	2,55	1,38	2,27	2,18	R4		3	4	
DHT-36	82,9	83	0,1	0,07	0,07		R4			2	
DHT-36	83	83,85	0,85	0,86	0,68	0,68	R4		3	1	
DHT-36	83,85	85,05	1,2	1,06	1,04	1,04	R4		1	1	

DHT-36	85,05	86,95	1,9	1,96	1,36	1,15	R4		8	7	20
DHT-36	86,95	89,45	2,5	0,9	0,09		R5	3	4	3	
DHT-36	89,45	89,6	0,15	0,12	0,08		R4			2	3
DHT-36	89,6	90,15	0,55	0,31	0,20	0,13	R5		1	4	
DHT-36	90,15	91,6	1,45	1,22	0,87	0,78	R5	1	4	5	
DHT-36	91,6	92,85	1,25	1,1	0,48	0,39	R3	3	3	4	3
DHT-36	92,85	93,05	0,2	0,1			R5				5
DHT-36	93,05	93,8	0,75	0,3			R3		4	2	5
DHT-36	93,8	94,55	0,75	0,3			R3	1			8
DHT-36	94,55	95,5	0,95	0,9	0,02		R3	1	9	3	18
DHT-36	95,5	96,4	0,9	0,95	0,49	0,36	R3	1	10	1	3
DHT-36	96,4	97,35	0,95	0,95	0,21	0,13	R3	2	5		
DHT-36	97,35	97,65	0,3	0,25			R3				20
DHT-36	97,65	99,5	1,85	1,65	1,30	1,3	R3				10
DHT-36	99,5	100,6	1,1	1,05	0,77	0,65	R3		2	1	2
DHT-36	100,6	102,3	1,7	1,6	0,86	0,6	R3	2	6	9	5
DHT-36	102,3	103,6	1,3	1,2	0,48	0,14	R3	3	6		6
DHT-36	103,6	105,5	1,9	1,85	0,53	0,23	R3	4	12	3	4
DHT-36	105,5	106,1	0,6	0,45			R4	3	3		6
DHT-36	106,1	106,4	0,3	0,25			R4	2			6
DHT-36	106,4	107,3	0,9	0,9	0,24	0,12	R4	1	6	8	6
DHT-36	107,3	109,4	2,1	2,1	0,6	0,45	R3	4	7	14	6
DHT-36	109,4	110,75	1,35	1,35	0,55	0,18	R3	1	7	5	6
DHT-36	110,75	111,5	0,75	0,7	0,05		R3	2	5	5	4
DHT-36	111,5	112	0,5	0,5	0,11	0,11	R3	1	3	1	4
DHT-36	112	113,3	1,3	1,25	1,03	0,9	R4		3	3	
DHT-36	113,3	114,65	1,35	1,25	1,04	0,91	R5		9		
DHT-36	114,65	115,75	1,1	1,2	1,09	1,03	R5		4	1	5
DHT-36	115,75	116,05	0,3	0,2	0,1	0,1	R3		3		
DHT-36	116,05	116,45	0,4	0,6	0,14		R4	2	9		5
DHT-36	116,45	117,45	1	0,4			R3	1			10
DHT-36	117,45	117,95	0,5	0,5	0,13	0,13	R3		2		15
DHT-36	117,95	118,7	0,75	0,65			R3	4	1	3	10
DHT-36	118,7	120,05	1,35	1,29	0,85	0,85	R3	2	1	1	
DHT-36	120,05	121,7	1,65	1,46	1,37	1,37	R3		2	3	
DHT-36	121,7	123,75	2,05	2,05	1,75	1,73	R3		6		
DHT-36	123,75	125,4	1,65	1,6	1,17	1,03	R3		7	2	
DHT-36	125,4	128,3	2,9	3	2,43	2,43	R4	2	5	3	
DHT-36	128,3	130,8	2,5	2,5	2,16	2,16	R4	1	2	1	
DHT-36	130,8	132,8	2	2	1,56	1,56	R4		4	3	
DHT-36	132,8	135,3	2,5	2,5	2,15	2,15	R5	1	5	3	
DHT-36	135,3	138,35	3,05	2,99	2,91	2,91	R5		1	1	
DHT-36	138,35	141,4	3,05	3,05	2,92	2,69	R4		2	15	
DHT-36	141,4	142,6	1,2	1,21	1,21	1,18	R4				
DHT-36	142,6	144,15	1,55	1,55	1,36	1,35	R4		3	1	

DHT-36	144,15	145,8	1,65	1,65	1,07	0,7	R5	2	6	6	
DHT-36	145,8	146,95	1,15	0,9	0,26	0,15	R2		1	3	20
DHT-36	146,95	147,7	0,75	0,2			R2				20
DHT-36	147,7	149,7	2	1,95	1,03	0,29	R3	2	3	40	
DHT-36	149,7	150,2	0,5	0,45	0,13		R3	1	3	4	
DHT-36	150,2	151,85	1,65	1,58	0,85	0,54	R3	2	11	11	5
DHT-36	151,85	153,75	1,9	1,83	1,23	0,9	R3	1	8	6	
DHT-36	153,75	154,8	1,05	0,94	0,53	0,32	R3	1	4	10	
DHT-36	154,8	156,85	2,05	1,47	1,12	0,67	R3		4	15	5
DHT-36	156,85	158,8	1,95	2,1	1,26	0,72	R3		8	26	5
DHT-36	158,8	161,65	2,85	2,6	1,85	1,19	R3		15	15	5
DHT-36	161,65	163,35	1,7	1,8	1	0,75	R3		7	14	5

Tabela 24 - Dados geotécnicos de toda a sondagem. (Tabela cedida pela Colt Resources)

Com esta tabela consegue-se aferir as características geotécnicas do maciço. É de notar que existem diversas famílias de fraturas, ao longo da sondagem, o que diminui a qualidade do maciço. Em zonas muito fraturadas constata-se uma baixa recuperação de testemunho e valores elevados na fraturação e na *Broken zone*.

6. Considerações Finais

O trabalho efetuado, enquadrado por um estágio na empresa Colt Resources, envolveu uma variedade de atividades no âmbito de prospeção de tungsténio em *skarns* presentes no seio dos metassedimentos do Grupo do Douro do Complexo Xisto-Grauváquico. Contudo, a zona a que foi dedicada mais atenção para esta dissertação é a área de Poço do Canto, na concessão de Armamar-Medã., onde afloram litologias pertencentes à Formação de Rio Pinhão, a qual tem sido considerada como a base da unidade alóctone do Grupo do Douro e, além disso, como equivalente lateral do topo da Formação de Bateiras.

Foi feita cartografia a uma escala de pormenor, dos corpos de *skarns* (que se encontram intercalados em metapelitos, os quais são esmagadoramente dominantes) na área referida. Da componente de cartografia do trabalho, resultou uma localização dos corpos de *skarns* que não coincide exatamente com o que estava assinalado no mapa geológico publicado da região de Vila Nova de Foz Côa (Folha 15-A da Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50000). O detalhe agora utilizado também permitiu ter-se uma ideia mais realista da extensão, em afloramento, dos referidos corpos e assinalar níveis pouco espessos. Os corpos de *skarns* parecem ter forma lenticular e a dimensão máxima, no maior deles, pouco vai além dos 200 m, em afloramento. A espessura máxima, também em afloramento, não parece atingir os 30 m, mesmo no corpo maior. Em termos estruturais, confirmou-se que têm orientação WNW-ESE, paralela à xistosidade mais penetrativa (que, correlacionando com a informação geral da Folha 15-A, deverá ser a S3 varisca). Os dados obtidos sobre os valores e os sentidos da inclinação dessa xistosidade indicam que ela inclina para NE, com valores entre 30° e 60°.

De acordo com o estudo petrográfico realizado, há lâminas delgadas de metapelitos (filitos e micaxistos) em que se registam as presenças de minerais índices que permitem afirmar que a área de Poço do Canto se situa na zona de estaurolite-andaluzite(-granada), confirmando estudos anteriores feitos nesta área. A xistosidade mais penetrativa identificada nessas lâminas é de crenulação.

Nos *skarns*, é frequente a composição mineralógica ser variável de um domínio para outro, à escala da amostra de mão e, até, da lâmina delgada. Contudo, pode-se afirmar que são comuns paragénese com clinozoisite (ou, por vezes, epídoto mais pistacítico),

esfena, quartzo, plagioclase (normalmente, muito sericitizada), anfíbola (quer tremolite-actinolite, quer hornblenda), clinopiroxena cálcica e/ou granada. Mais raramente, encontram-se *skarns* em que, além de alguns daqueles minerais, se podem observar, volastonite, escapolite e scheelite.

Na área de Poço do Canto foi também realizada uma colheita de 115 amostras de solos, segundo uma malha regular, com o objetivo de efetuar análises geoquímicas que permitissem avaliar a variação espacial dos teores de certos elementos significativos, nomeadamente, W, As, S, Au, Ca, Sr e Mg.

Dos elementos que inicialmente despertavam mais atenção da empresa, dois deles, S e Au, surgem em concentrações que ou estão abaixo ou só pouco acima dos limites de deteção dos métodos analíticos utilizados. Nesta fase da prospeção da área de Poço do Canto não foram, pois, encontrados locais que apontem para situações promissoras de mineralizações de sulfuretos com Au.

Os teores de Mg, por seu turno, não manifestam qualquer tipo de correlação com os corpos de *skarns*, nem com as concentrações dos outros elementos analisados. Além disso, a gama de variação das concentrações é estreita, não chegando a ser de 3:1. Logo, nem os protólitos dos *skarns* deveriam ter uma proporção significativa de carbonato magnesianos nem o metamorfismo foi acompanhado de metassomatismo com enriquecimento em Mg.

No que respeita ao As, as concentrações mais elevadas foram obtidas em amostras colhidas sobre corpos cartografados de *skarns*, tal como sucedeu com o Ca, o Sr e o W. Contudo, se forem excluídas as situações de interseção com os corpos cartografados, as variações dos teores de As têm padrões distintos dos dos outros elementos, pois o As - ao contrário do Ca, do Sr e do W - tende a ocorrer com concentrações relativamente mais elevadas no setor meridional. Assim, para além do incremento de As associado a mineralização ocorrida nos *skarns*, há um outro tipo de incremento, que parece ser espacialmente independente desses corpos, podendo-se supor que se relacione com hipotéticos veios de quartzo, contendo sulfuretos e/ou arsenopirite, no seio dos metapelitos.

Quanto ao Ca, ao Sr e ao W, eles apresentam-se, de modo geral, correlacionados entre si e com a posição dos corpos de *skarns*. Estas correlações são especialmente óbvias

quando as linhas de amostragem intercetam efetivamente esses corpos, sendo, aliás, nessas situações que se registam os teores máximos desses elementos.

Quando as linhas de amostragem não intersetam afloramentos de *skarns*, as correlações tornam-se menos claras. Nestas situações, contudo, é habitual poder-se definir um padrão em que os teores desses três elementos tendem a aumentar do setor meridional para o setor setentrional da área amostrada. Visto que foi identificado um pequeno afloramento de *skarn* a norte da faixa de afloramentos principais, é de supor que, em profundidade, existam mais corpos calcossilicatados nesse setor. Também não se pode descartar algum efeito da orografia local, pois os *skarns* afloram em vertentes que descem para norte, pelo que os fragmentos resultantes do seu desmantelamento tenderão, por ação gravítica, a deslocar-se nesse sentido.

Registe-se ainda que, apesar das variações observadas nos teores de W e de se ter identificado scheelite nalgumas amostras estudadas na petrografia, o tungsténio está sistematicamente em concentrações baixas (≤ 35.3 ppm) nas amostras de solos, pelo que os corpos de *skarns* mais superficiais da área de Poço do Canto parecem não manifestar mineralização expressiva, em contraste, por exemplo, com o que sucede com alguns *skarns* da Quinta de São Pedro das Águias, próximo de Tabuaço.

É importante ainda referir que este trabalho foi essencial no desenvolvimento de metodologias de trabalho em ambiente empresarial, permitindo obter competências variadas na área da geologia aplicada à prospeção mineira.

7 Bibliografia

Ábalos, B. (1992). Variscan shear zone deformation of Late Precambrian basement in SW Iberia, implications for circum-Atlantic pre-Mesozoic tectonics. *Journal of Structural Geology*, 19, 807-823.

Azevedo, M., Aguado, B. (2013). Origem e instalação de Granitóides Variscos na Zona Centro-Ibérica. In: Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P. & Kullberg, J.C (Eds.)- *Geologia de Portugal*, vol. I, Escolar Editora, Lisboa, 376, 401.

Bea, F., Montero, P., Talavera, C., Zinger, T. (2006). A revised Ordovician age for the Miranda do Douro orthogneiss, Portugal. Zircon U-Pb ion-microprobe and LA-ICPMS dating. *Geologica Acta*, 4/3, 395-401.

Bodger, B., E., McGrann, R., T., R., Sommerville, D., A.(1997). The evaluation of tungsten carbide thermal spray coatings as replacement for electrodeposited chrome platings on aircraft landing gear. *Plating & Surface Finishing*, 28-31.

Borrego, J., M. (2011), São Pedro das Águias Tungsten Deposit. Structural Mapping Results. GeoLog Internal Report of Colt Resources.

Castro, A., Corretgé, L.G., El-Biad, M., El-Hmidi, H., Fernández, C. & Patiño Douce, A.E. (2000). Experimental constraints on Hercynian anatexis in the Iberian massif, Spain. In: *Journal of Petrology* 41 (10), 1471-1488.

Castro, P., Tassinari, C., Pereira, E., Dias, G., Leterrier, J. (2003). Geocronologia do complexo metamórfico de Miranda do Douro (NE Trás-os-Montes, Portugal). Implicações geodinâmicas. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, D29- D30.

Cerejo, T. A. R. (2013). Geoquímica da Área de São Pedro das Águias- Concessão de Tabuaço. *Disertação de Mestrado*, - Universidade de Aveiro, 122 pp.

Chiaverini, V. (1984). *Aços e Ferros Fundidos*, ABM, 5º Ed

Coke, C., Pires, C. A. C. & Ribeiro, A. (1995). Ocorrência de um filão dacítico na formação xistenta (Landeiliano) no vale da Ribeira do Ramalhoso- Serra do Marão e possível significado geotectónico. Universidade do Porto - Fac. Ciências Museu e Lab. Min. e Geol. Memória, 4, 335-339.

Corbett, G.J., Leach, T.M. (1998). Southwest Pacific rim gold- copper systems: Structure, alteration and mineralization. In: Society of Economic Geologist - Economic Geology, Special Publication 6, 238.

Coretge, L. G. (1983). Les rocas graníticas y granitoides des Macizo Ibérico. In: Comba, J.A (Coord.)- Geologia de España, tomo I, IGME, Madrid, 569-592.

DeGarmo, E., P. (1979). Materials and Processes in Manufacturing. 5th edition, MacMillan Publishing.

Delgado, N. (1908). Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. Mémoires de la Commission du Service Géologique de Portugal, 245p.

Dias, R., Ribeiro, A. (1994). Constriction in a transpressive regime: an example in the Iberian branch of the Ibero-Armorican Arc. Journ. Struct. Geology, 16, 1545-1554.

Dias, R., Ribeiro, A., Coke, C., Pereira, E., Rodrigues, J., Castro, P., Moreira, N., Rebelo, J. (2013). Evolução estrutural dos sectores setentrionais da Autóctone da Zona Centro Ibérica. In: Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P. & Kullberg, J.C (Eds.)- Geologia de Portugal, vol. I, Escolar Editora, Lisboa, 71, 147.

Diez Balda, M. A., Vegas, R. & González Lodeiro F. (1990). Central Iberian Zone (Autochthonous Sequences) 2.2- Structure. In: Dallmeyer, R. D. & Martinez Garcia, E. (eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia, Springer-Verlag, Berlin, pp.: 172-188.

Dockal, E., R. (2012). Tungsténio e Molibdénio nas enzimas. Retirado de <http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Tungst%C3%AAmio-e-Molibd%C3%AAnio-Na-Enzimas/466290.html>

Domingos, L., Freire, J., Silva, F., Gonçalves, F., Pereira, E., Ribeiro, A. (1983). The structure of the intramontane Upper Carboniferous basins in Portugal. In: Lemos de Sousa, M. J., Oliveira, L. T. (Eds). The Carboniferous of Portugal. Mem. Ser. Geol. Portugal, Lisboa, 29, 187-194.

Einaudi, M., T.; Meinert, L., D.; Newberry, R., J. (1981). Skarn deposits. Economic Geology, 75th Anniversary Volume, 317-391.

Escuder Virtude, J., Díez Balda, M. A., Rubio Pascual, F. J., González Carcdo, J. M., Barbero, L., Martínez Poyato, D., Villar, P. & Martínez Catalén, J. R. (2004). Domínio del Complejo Esquisto-Grauváquico: la extensión varisca tardiorogénica y las deformaciones tardías. In: Vera, J. A. (Ed.) – Geología de España, Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, p. 87-92.

Evans, A., H. (1993). Ore Geology and Industrial Minerals. Blackwell Scientific, Oxford, p. 390.

Faria, A.F. (2008), Summary Reports on the Tabuaço Tungsten Deposits. GeoLog Internal Report, July 2008.

Farias, P.; Gallastegui, G.; González Lodeiro, L.; Marquínez, J.; Martín Parra, L. M.; Martínez Catalán, J. R.; Pablo Maciá, J. G. & Rodríguez Fernández, L. R. (1987). Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galicia Central. In: Mem. Mus. Lab. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 1, 411-431.

Ferreira, N., Ponce de León, M. I., Noronha, F., Ribeiro, A. & Ribeiro, M. L. (1987). Granitoides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, L., López Plaza, M. & Rodriguez Alonzo, M. D. (Eds). Geologia de los Granitoides e Rocas Asociadas del Macizo Hespénico. Editorial Rueda, Madrid, 37-51.

Franke, W. (1989). Tectonostratigraphic units in the Variscan Belt of Central Europe. In: dallmeyes, R. D. (Eds). Terranes in Circum Atlantic Paleozoic orogens. Geological Society of America, Special Papers 230, 67-90.

Gil-Ibarguehi, J.I., Ábalos, B., Carreras, J., Duguet, E., Escuder-Viruete, J., Gómez-Pugnaise, M.T., Lorenzo-Alvarez, S., Quesada, C. & Rodríguez-Funández, L.R. (2002). Variscan and pre-Variscan tectonics. In: Gibbans, W. & Mouno, T. (Eds.) – The Geology of Spain – Geological Society, London, 155-183.

Goinhas, J. (1987). Cadre géologique et métallogénique des ressources minières du Portugal. Chron. Rech. Min., 489, 25-42.

Hammond, C., R. (2004). The Elements in Handboock of Chemistry and Physics. 81st edition, CRC press.

Julivert, M., Fontbote, J. M., Ribeiro, A., Conde, L. E. N. (1972). Mapa tectónico de la Peninsula Ibérica y Baleares. Inst. Geol. Min. ESpaña, escala 1:1.000.000

Julivert, M., Martínez, F.J. (1983). Estruetura de conjunto y vision global de la cordilheira herciniana. In: Comba, J.A (Coord.)- Geologia de España, tomo I, IGME, Madrial, 612-630

Kelly, W., C., Rye, R., O. (1979). Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the tin-tungsten deposits of Panasqueira, Portugal. Econ. Geol. 74, 1721-1822.

Knopf, D., J.; Sacadura, M., J; Sardinha, I. (1990). Precious Metals in Portugal. Mining Magazine, May 1990, 340-345.

Lancelot, J., Allegret, A., Iglesias Ponce de León, M. (1985). Outline of Upper Precambrian and Lower Paleozoic evolution of the Iberian Peninsular accordins to U- Pb dating of zircons. Earth Planet. Sci. Lett. 74, 325-337.

Lassner, Erik. (1999). Tungsten: properties, chemistry, technology of the element, alloys, and chemical compounds. Springer, 20-21, 256p.

Lotze, F. (1945). Zur gliederung der Varisciden der Iberichen Meseta. Geotech. Forsch., 6, 78-92. (Tradução de J. M. Rios: Observaciones respecto a la divison de los variscides de la Meseta Iberica. Inst. L. Mallada, Publ. Extrangeras, V (27). Geol. España, 5, Madrid, 1950, p. 149-166).

Martínez Catalán, J. R. (1985). Estratigrafía y Estructura del Domo de Lugo (Sector Oeste de la Zona Asturoccidental-Leonesa). In: Fundacion Pedro Barrie de la Maza Corpus, Geologicum Gallaeciae 2a Ser. Conde Fenosa, A Coruña, Spain, vol. 2, 291

Martínez Catalán, J. R. (2011). Are the oroclinal folds of the Variscan belt related to late Variscan strike-slip tectonics?. In: Terra Nova, Volume 23, 241-247.

Martínez, F. J., Coretge, L. G. & Suarez, O. (1990). Distribution, characterization and evolution of metamorphism, Autochthonous Sequences, Central-Iberian Zones. In: Dallmeyer, R. D. & Martínez-García (Eds.) – Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer, Berlin-Heidelberg, 207-211.

Martínez, F. J., Gil-Ibarguchi, I. (1983). El metamorfismo en el Macizo Ibérico. In: Comba, J.A (Coord.)- Geología de España, tomo I, IGME, Madrid, 555-569.

Martínez, F. J., & Rolet, J. (1988). Late Palaeozoic metamorphism in the northwestern Iberian Peninsula. Brittany and related areas in SW Europe. In: Harris, A. L., & Fettes, D., J. (ed.), The Calodonian-Appalachian Orogen. Geological Society. London, Special Publications, 38, 611-620.

Matte, P. (1986). Tectonics and plate tectonics for the Variscan belt of Europe. Tectonophysics, 126, 329-374.

Meinert, L. D. (1992). Skarn and skarn deposit. Geosci. Canada, 19, 145- 162.

Miyashiro, A. (1994). Metamorphic Petrology. Oxford University Press, New York. 404 pp.

Moreira, N., Dias, R., Coke, C. & Búrcio, M. (2010). Partição da deformação Varisca nos sectores de Peso da Régua e Vila Nova de Foz Côa (Autóctone da Zona Centro Ibérica); Implicações Geodinâmicas. Comunicações Geológicas, Tomo 97, pp. 147-162.

Navidale, M. & Bea, F. (2004). Zona Centroibérica: el magmatismo prevarisco. In: Vera, J. A. (Ed.) – Geología de España, Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 92-96.

Neiva, J. M. C. (1944). Jazigos Portugueses de Cassiterite e Volframite. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 30- 80.

Noronha, F., Anjos, M.A., Almeida, A., Dória, A., Guedes, A., Lima, A., Martins, H.C., Sant'Ovaia, H., Nogueira, P., Martins, T., Ramos, R., Vieira, R., (2013). Jazigos filonianos hidrotermais e aplitopegmatíticos espacialmente associados a granitos (norte de Portugal). In: Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P. & Kullberg, J.C (Eds.)- Geologia de Portugal, vol. I, Escolar Editora, Lisboa, 201- 238.

Notícia Explicativa da Folha 15-A (Vila Nova de Foz Côa) da Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, p.33-39.

Oen, I. (1958). The Geology, Petrology and Ore deposits of the Visei Region, Northern Portugal. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 199 pp.

Pereira, E. (1987). Estudo geológico estrutural da região de Celorico de Bastos e sua interpretação geodinâmica. Tese de doutoramento Fac. Ciências Univ. de Lisboa. 247p.

Pereira, E. (Coord.), (1992). Carta Geológica de Portugal na escala 1/200 000 e Notícia explicativa da Folha 1.Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal. 83p.

Philpotts, A.R & Ague, J.A. (2009). Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. Cambridge University Press, Cambridge. 667 pp.

Piçarra, J., Sá, A., Storch, P., Gutiérrez-Marco, J. (2009). Silurian stratigraphy and paleontology of the Valongo anticline and Arouca-Tamames syncline, Central-Iberian Zone (Portugal and Spain). In: Corrigan, M., Piras, S. (Eds). Time and Life in the Silurian: a multidisciplinary approach. Abstracts, Rendiconti della Società Paleontologica Italiana, 3/3, 323-324.

Ribeiro, A. (1990). Central-Iberian Zona: Introduction. In: Dallmeyer, R. D. & Martínez-García (Eds.) – Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer, Berlin-Heidekkurg, 143-144

Ribeiro, A. (2013). A evolução geodinâmica de Portugal: os ciclos ante-mesozóicos. In: Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P. & Kullberg, J.C (Eds.)- Geologia de Portugal, vol. I, Escolar Editora, Lisboa, 11-57.

Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyzewski, G., Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, J. (1979). Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa. Congr. Internat. Géol. 26e, Paris, 1980, 114p.

Ribeiro, A., Munhá, J., Mateus, A., Fonseca, P., Pereira, E., Noronha, F., Romão, J., Rodrigues, J., Castro, P., Meireles, C., Ferreira, N. (2009). Mechanics of thick- skinned Variscan overprinting of Cadomian basement (Iberian Variscides). C. R. Geosciences, 341, 127-139.

Ribeiro, A., Pereira, E., Ribeiro, M. L., Castro, P. (2013). Unidades Alóctones da região de Morais (Trás-os-Montes oriental). In: Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P. & Kullberg, J.C (Eds.)- Geologia de Portugal, vol. I, Escolar Editora, Lisboa, 332, 376.

Ribeiro, A., Pereira, E., Rodrigues, J. (2006). Peleozóico. In: Pereira, E. (Coord.). Carta Geológica de Portugal na Escala 2:200 000: Notícia Explicativa da Folha 2. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 69-76.

Ribeiro, M.L. & Mendes, M.H. (1991). Metamorfismo. In: Silva, A.F. & Ribeiro, M.L. (Coords.)

Robb, L., (2005). Introduction to Ore-Formeing Processes, 113- 177.

Romão, J., Coke, C., Dias, R., R. (2005) Transient inversion during the opening stage of the Wilson cycle «sardic phase» in the iberian variscicles – stratigraphic and tectonic record. Geodinamica Acta 18/2.

Saunders, N. (2004). Tungsten and the Elements of Groups 3 to 7 (The Periodic Table). Heinemann Library, Chicago Illinois.

Schermerhorn, L. (1956). Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire, São Pedro do Sul, Sátão region (northern Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 66, 33-48.

Schorsoher, H., D.; Leterrier, J. (1980). Metasomatic formation of granitic rocks: Petrology and chemistry. – 26 In: *Inter. Geol. Cong. of Paris. Abstract*, 1, 87pp.

Scotese, C., & Golonka, J. (1992). PALEOMAP Paleogeographic Atlas, PALEOMAP Progress Report No. 20. Department of Geology, University of Texas at Arlington, Arlington, Texas. 34 pp.

Silva, A., Ribeiro, A., (1985). Tectonics of Sardinian Age in the Alto Douro Region (Northeastern Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal* 71, 151-157.

Silva, A., Ribeiro, M. L. (1994). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 e Notícia Explicativa da Folha 15-B (Freixo de Espada à Cinta). Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 48p.

Sousa, M. (1979). Complexo Xisto-Grauváquico do Douro: II – Os Conglomerados de Trevões (S. João da Pesqueira, NE Portugal) e seu significado estratigráfico. *Mem. Not. Mus. Lab., Mm. Geol. Univ. Coimbra*, 88, 39-44.

Sousa, M. (1982). Litoestratigrafia e estrutura do Complexo Xisto- Grauváquico Anteoordoviciano – Grupo do Douro (nordeste de Portugal). Tese de Doutoramento, Univ. Coimbra, 222p.

Sousa, M. (1984). Considerações sobre a estratigrafia do Complexo Xisto- Grauváquico (CXG) e sua relação com o Paleozóico Inferior. *Cuadernos Geol Ibérica*, 9, 9-36.

Sousa, M., Sequeira, A. (1989). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 e Notícia Explicativa de Folha 10-D (Alijó), Lisboa: *Serv. Geol. Portugal*, 59p.

SRK Exploration (2011), NI 43-101 Technical Report on The Tabuaço Tungsten Project, Portugal, December, 121pp.

Stevens, D., G. (1999). World War II Economic Warfare: The United States, Britain, and Portugues Wolfram. *The Historian*, Vol.61, No.3, 539p.

Teixeira, C., Medeiros, A., Assunção, C. (1965). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 e Notícia explicativa da folha 9-A (Póvoa do Varzim). Lisboa. Serviços Geológicos de Portugal.

Thadeu, D. (1977). Hercynian paragenetic units of the Portuguese part of the Hesperic Massif. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*. Vol. XX, fasc. III, 247- 276.

Ugidos, J. M. (1990). Granites as a paradigma of genetic processes of granitic rocks: I-Types vs. S-Types. In: Dallmeyer, R. D. & Martínez-Garcia (Eds.) – *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer, Berlim-Heidekkurg, 189-206.

8-Anexos

Anexo 1 - Tabela dos Dados Geoquímicos utilizados neste trabalho.

METHOD	Au-AA24	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41	ME-MS41
SAMPLE	Au	Au	Ca	As	Mg	S	Sr	W
DESCRIPTION	ppm	ppm	%	ppm	%	%	ppm	ppm
CDS-1	0	0	0,09	17,1	1,09	0,02	10,7	0,19
CDS-2	0	0	0,09	22	0,75	0,01	10,3	0,14
CDS-3	0	0	0,09	38,2	1,03	0,02	12	0,19
CDS-4	0	0	0,03	22,8	1,07	0,02	5,7	0,47
CDS-5	0	0	0,02	8,6	1,05	0,02	4	0,1
CDS-6	0	0	0,09	29,9	1,12	0,02	8,6	0,08
CDS-7	0	0	0,09	13,3	1,05	0,02	14	0,09
CDS-8	0	0	0,12	20,6	1,15	0,01	15,5	0,06
CDS-9	0	0	0,12	19,7	1,04	0,01	13	0,39
CDS-10	0	0	0,23	12	1,17	0,01	23,8	0,36
CDS-11	0	0	0,16	13,2	1,09	0,01	14,5	0,2
CDS-12	0	0	0,06	12,6	1,04	0,02	7,2	0,21
CDS-13	0,008	0	0,14	5,6	1,07	0,02	22,7	0,11
CDS-14	0	0	0,16	9,9	1,12	0,02	20,2	0,4
CDS-15	0	0	0,08	32,9	1,39	0,01	6	0,11
CDS-16	0	0	0,04	15,9	1,03	0,01	6,4	0,11
CDS-17	0	0	0,08	16,9	1,09	0,01	7,9	0,12
CDS-18	0	0	0,1	25	1,27	0,02	7,1	0,09
CDS-19	0	0	0,03	3,8	1,12	0,02	6,1	0,07
CDS-20	0	0	0,03	3,9	1,17	0,01	4,9	0,06
CDS-21	0	0	0,02	8,2	1,1	0,01	4,7	0,11
CDS-22	0	0	0,05	13,6	1,18	0,01	6,6	0,12
CDS-23	0	0	0,1	15,4	0,97	0,01	13,2	0,19
CDS-24	0	0	0,17	9,9	1,27	0,01	19,3	0,18
CDS-25	0	0	0,28	3,4	1,47	0,01	27,6	0,18
CDS-26	0	0	0,17	6,9	1,33	0,01	18,1	0,84
CDS-27	0,013	0	0,16	12,2	1,13	0,01	17,7	0,95
CDS-28	0	0	0,23	7,5	1,32	0,02	23,5	0,41
CDS-29	0	0	0,1	7,9	0,83	0,01	14,8	0,52
CDS-30	0	0	0,15	9,1	1,16	0,02	12,9	0,34
CDS-31	0	0	0,12	8,7	1,03	0,01	12,7	0,12
CDS-32	0	0	0,12	7,8	1,2	0	9,6	0,06
CDS-33	0	0	0,08	10,9	1,19	0,01	8,9	0,08
CDS-34	0,001	0	0,07	12,2	1,14	0,01	8,4	0,06
CDS-35	0	0	0,11	15,2	1,21	0,01	13	0,23

CDS-36	0	0	0,06	3	1,38	0	12,3	0,06
CDS-37	0	0	0,1	8,5	1,09	0,01	21	0,59
CDS-38	0	0	0,18	9,5	1,39	0,01	22,3	0,29
CDS-39	0	0	0,08	2,8	0,98	0,01	19,3	0,09
CDS-40	0	0	0,05	5,3	0,93	0,01	9	0,12
CDS-41	0	0	0,14	1,5	0,75	0,01	40,1	0,05
CDS-42	0	0	0,09	3,3	1,16	0,02	13,8	0,14
CDS-43	0	0	0,04	16,2	1,01	0,03	7,5	0,21
CDS-44	0	0	0,06	26,7	1,06	0,01	9,1	0,27
CDS-45	0	0	0,03	70,7	1,15	0,02	8,8	0,19
CDS-46	0	0	0,05	38,2	1,19	0,02	11,7	0,26
CDS-47	0,012	0	0,08	32,9	1,43	0,01	14	0,31
CDS-48	0	0	0,04	8,8	1,24	0,01	9,3	0,33
CDS-49	0	0	0,09	10,4	1,27	0,01	18,2	0,38
CDS-50	0	0	0,09	8,1	1,21	0,01	20,4	0,22
CDS-51	0	0	0,12	7,5	1,11	0	19,1	0,16
CDS-52	0	0	0,18	7	1,27	0,01	23,5	0,21
CDS-53	0	0	0,19	6,3	1,02	0,01	24,3	0,24
CDS-54	0	0	0,19	7,1	0,97	0,02	21	1,28
CDS-55	0	0	0,07	15,3	1,03	0,02	9,1	0,4
CDS-56	0	0	0,11	35,1	0,99	0,02	12,7	0,87
CDS-57	0,009	0	0,1	25,7	1,11	0,02	12,6	0,46
CDS-58	0	0	0,08	9	1,01	0,02	12,7	0,19
CDS-59	0	0	0,06	15,2	1,17	0,02	9	0,71
CDS-60	0	0	0,07	12,7	1,22	0,02	10,3	0,28
CDS-61	0,007	0	0,12	16,8	0,96	0,01	20,6	1,4
CDS-62	0	0	0,16	14,4	0,84	0,02	18,5	1,28
CDS-63	0,011	0	0,2	26,2	0,94	0,02	19,5	5,2
CDS-64	0	0	0,25	90,8	0,54	0,02	15,9	35,3
CDS-65	0,007	0	0,2	22,8	0,91	0,02	30,5	3,16
CDS-66	0,006	0	0,15	12,9	0,9	0,02	21,3	2,14
CDS-67	0	0	0,06	5,5	0,64	0,04	24	0,58
CDS-68	0	0	0,11	4	0,58	0,02	26,6	0,24
CDS-69	0	0	0,25	10,2	1,45	0,01	26,6	10
CDS-70	0	0	0,03	6,3	1,08	0,02	6	0,65
CDS-71	0	0	0,08	5,8	1,04	0,03	14,4	0,39
CDS-72	0,006	0	0,04	12,2	0,87	0,02	8	0,2
CDS-73	0	0	0,05	8,8	0,89	0,02	9,1	0,98
CDS-74	0	0	0,05	10,7	1,12	0,03	11,8	0,26
CDS-75	0,015	0	0,04	17,6	1,13	0,03	8,1	0,35
CDS-76	0	0	0,06	10,5	1,02	0,02	7,4	0,31

CDS-77	0	0	0,07	9	1,13	0,01	8,4	0,56
CDS-78	0	0	0,16	13,3	1,51	0,01	10,6	0,65
CDS-79	0	0	0,17	12,2	1,16	0,01	18,2	0,87
CDS-80	0	0	0,14	8,1	1,03	0,01	15,7	0,26
CDS-81	0,006	0	0,18	8,9	0,96	0,01	20	0,29
CDS-82	0	0	0,11	8,1	0,88	0,01	14,9	0,38
CDS-83	0	0	0,14	11,1	0,95	0,01	18	0,55
CDS-84	0	0	0,08	5,5	0,92	0,02	21,6	0,32
CDS-85	0	0	0,14	8,4	1,08	0,02	23,5	0,91
CDS-86	0	0	0,03	4	0,99	0,01	6,5	0,1
CDS-87	0	0	0,04	15,9	0,91	0,02	6,8	0,42
CDS-88	0	0	0,06	21,9	0,95	0,02	11,7	6,6
CDS-89	0	0	0,05	10,4	0,9	0,02	7,6	0,32
CDS-90	0	0	0,04	10,3	1,05	0,02	8	0,81
CDS-91	0	0	0,1	9,9	1,04	0,02	10,9	1,24
CDS-92	0	0	0,15	11,7	1,13	0,01	16,2	1,57
CDS-93	0	0	0,18	16,8	0,94	0,02	17,4	1,56
CDS-94	0	0	0,32	39,4	0,76	0,01	26,8	3,11
CDS-95	0,006	0	0,56	189,5	0,76	0,01	43,9	14,7
CDS-96	0	0	0,32	61,1	0,84	0,01	33,9	4,24
CDS-97	0	0	0,21	32,7	0,88	0,02	24,7	2,76
CDS-98	0	0	0,15	11,4	0,88	0,04	39,7	1,88
CDS-99	0	0	0,16	8,8	0,97	0,03	42,5	0,45
CDS-100	0	0	0,16	7,3	1,1	0,03	19,6	0,41
CDS-101	0,008	0	0,03	4,3	1,01	0,03	9,5	0,29
CDS-102	0	0	0,11	13	1,29	0,02	11,6	0,25
CDS-103	0	0	0,12	14,6	1,2	0,01	11,7	0,18
CDS-104	0	0	0,11	28	1,11	0,02	18,2	0,18
CDS-105	0,005	0	0,1	5,4	1,26	0,01	15,6	0,12
CDS-106	0	0	0,11	5,7	1,42	0,01	16,8	0,12
CDS-107	0	0	0,1	10,1	1,35	0,01	19	0,12
CDS-108	0	0	0,18	16,3	1,23	0,01	22,6	0,19
CDS-109	0,008	0	0,25	12,8	1,21	0,01	25,2	0,18
CDS-110	0	0	0,18	12,7	1,13	0,01	20,3	0,48
CDS-111	0	0	0,15	11,2	1,12	0,01	18,9	0,39
CDS-112	0	0	0,13	10,4	1,2	0,02	17,2	0,78
CDS-113	0,008	0	0,11	9	1,24	0,02	18,8	0,21
CDS-114	0	0	0,2	13,9	0,96	0,02	21,8	0,82
CDS-115	0	0	0,16	7,1	1,1	0,02	21,5	0,85